# Lehrbuch

der

# Agricultur-Chemie

für

landwirthschaftliche Schulen, Realschulen,
Mittelschulen
und für den praktischen Landwirth

von

**J. J. Schibler,**
Professor der Chemie an der aargau'schen Kantonsschule.



Mit 40 Holzschnitten.

Aarau.
Druck und Verlag von J. J. Christen.
**1864.**

# Vorrede.

Vorliegendes Lehrbuch der Agriculturchemie besteht aus zwei Theilen. Der erste Theil ist ein Grundriß der anorganischen und organischen Chemie, so weit das Verständniß des Ackerbau's es erfordert. Der zweite Theil umfaßt die Lehre von der Entstehung der Ackererde, der Zusammensetzung des Bodens, der Wechselwirthschaft und den Düngmitteln.

Das Buch wurde entworfen in Rücksicht auf die Bedürfnisse landwirthschaftlicher Schulen, der Real- und Mittelschulen, wie sie gegenwärtig in den Kantonen der Schweiz bestehen.

Durch viele vortreffliche Untersuchungen, besonders aber durch die Epoche machenden Schriften Liebig's, ist es gegenwärtig außer allem Zweifel, daß sich der Ackerbau auf chemische Grundsätze zurückführen läßt. In der That, wenn es Naturgesetze giebt, so muß auch das Wachsthum der Pflanzen denselben unterworfen sein. Ueber Chemie sind in der Neuzeit eine Menge populärer Schriften erschienen und es läßt sich nicht leugnen, daß dadurch unter dem gebildeten Publikum eine gewisse Einsicht in die Wissenschaft erzielt wurde; allein dieselbe

ist bald wieder verschwunden, wenn sie sich nicht auf Anschauung stützt. Alle Naturwissenschaften haben sich aus der Anschauung und dem Experiment entwickelt und denselben Gang muß jeder Unterricht darin einschlagen, wenn er bleibend und fruchtbar sein soll; deßhalb habe ich die feste Ueberzeugung, daß unter dem Volke die Agriculturchemie nicht festen Boden fassen wird, bis die Landwirthe eine auf die Anschauung und das Experiment gestützte Kenntniß der Bestandtheile der Pflanzen, ihrer Nahrungsmittel und ihres Lebensprozesses gewonnen haben. Nur das, wovon man ein richtiges Verständniß hat, wird mit Energie, Beharrlichkeit und Erfolg betrieben.

Dieses Verständniß zu vermitteln, sind vorab die landwirthschaftlichen Schulen da; allein man darf dabei nicht stehen bleiben, sondern muß auch durch die Mittelschulen die hauptsächlichsten Lehren der Chemie in den weitern Kreisen zu verbreiten suchen und gerade die Agricultur bildet hier den Uebergangspunkt für die Chemie in's Volksleben.

Chemische Kenntnisse sollen aber nicht bloß materielle, sondern auch geistige Interessen des Volkes befriedigen. Es geschieht dieß dadurch, daß, indem die Ackerbauchemie in die Reihe der Bildungsmittel des Volkes eintritt, sie nicht nur Mittel zur Bodenverbesserung und zur künstlichen Düngung giebt, sondern auch in ihren Inhalt einschließt den Prozeß der Athmung, der Verbrennung, Gährung, Fäulniß und vor Allem den wunderbaren, ewigen Kreislauf, in welchem die Elemente der organischen Natur begriffen sind.

Wer sich an Gewerbsschulen, Polytechniken oder Universitäten zum Lehramte ausbildet und dabei zunächst die Secundar- und Bezirksschulen im Auge hat, muß sich in der Regel für mehrere, verschiedenartige Fächer vorbereiten. Es wird auch Chemie gehört und der Lehramtscandidat wird darin theoretisch genug gebildet, um die Grundsätze derselben zu lehren, dagegen kann ihm das praktische Geschick zum Experimentiren fehlen. Aus diesem Grunde ist in den Umfang des Lehrbuches eine Anleitung zum Experimentiren mit Figuren aufgenommen.

Die Kosten, welche dem Staate durch die Anstellung chemischer Versuche an Mittelschulen erwachsen, sind gering und kommen nicht in Betracht gegenüber dem Erfolg, der dadurch erreicht werden kann. In der Schweiz ist der Boden im Allgemeinen noch lange nicht auf der Höhe der Ertragsfähigkeit, wozu er durch rationellen Betrieb des Feldbaues gebracht werden muß. Vielfach ist der Glaube an die Unerschöpflichkeit der Ackerkrume noch tief eingewurzelt, Tausende von Landwirthen, ja ganze Ortschaften und Gegenden zeigen noch keinen Sinn für chemische Verbesserung und Trockenlegung der Felder, für allseitiges Zusammenhalten des Düngers und rationelle Behandlung desselben. Der Grund ist Mangel an Einsicht in die Gesetze des Ackerbaues. Hohe, heilige Pflicht einer erleuchteten Regierung ist es deßhalb, diese Einsicht unter der jungen Generation zu verbreiten; da ja auch in einem Staate von nur geringer Größe die Production durch Verbesserungen im Ackerbau sich im Werth von Hundert-

tausenden und Millionen von Franken steigern kann. Nie darf man vergessen, daß der Bauer, welcher der Scholle die Existenzmittel der Menschheit abgewinnt, die Grundlage des Staates bildet. Ihn vor Allem muß man heben und unterstützen. Mit der Vermehrung der materiellen Mittel steigert sich auch das geistige Leben eines Volkes. Niemals hat eine verarmte Nation in Gewerben, Kunst und Wissenschaft Großes geleistet. Möge das Buch einen kleinen Beitrag dazu liefern!

Aarau, im März 1863.

Der Verfasser.

# Register.

# Agricultur-Chemie.

## I. Theoretischer Theil.

### 1.

Die Chemie im Allgemeinen ist die Lehre von den Grundstoffen oder Elementen, woraus die uns umgebenden Naturkörper bestehen, den Verbindungen, welche sie unter einander eingehen und den Kräften, wodurch diese Verbindungen hervorgebracht werden. Die Agriculturchemie ist einerseits ein Theil der allgemeinen Chemie, andererseits der gesammten Landwirthschaftslehre: sie ist das geistige Auge jedes landwirthschaftlichen Betriebes. Ihr Verständniß setzt die Kenntniß wenigstens derjenigen Stoffe aus der reinen Chemie voraus, welche die Pflanzen zusammensetzen. Ein Grundriß der Agriculturchemie umfaßt so:

1) Die Abhandlung der Elemente, welche in den Pflanzenkörper eingehen.
2) Die Form oder die Verbindungen, in welcher die einzelnen Elemente in die Pflanzen eintreten — die Nahrungsmittel des Pflanzenreiches.
3) Die Beschreibung der vorzüglichsten Stoffe, welche durch diese Nahrungsmittel im Leben der Pflanze erzeugt werden und
4) Die Lehre eines rationellen Betriebes der Feldwirthschaft, Bodencultur und Düngerlehre.

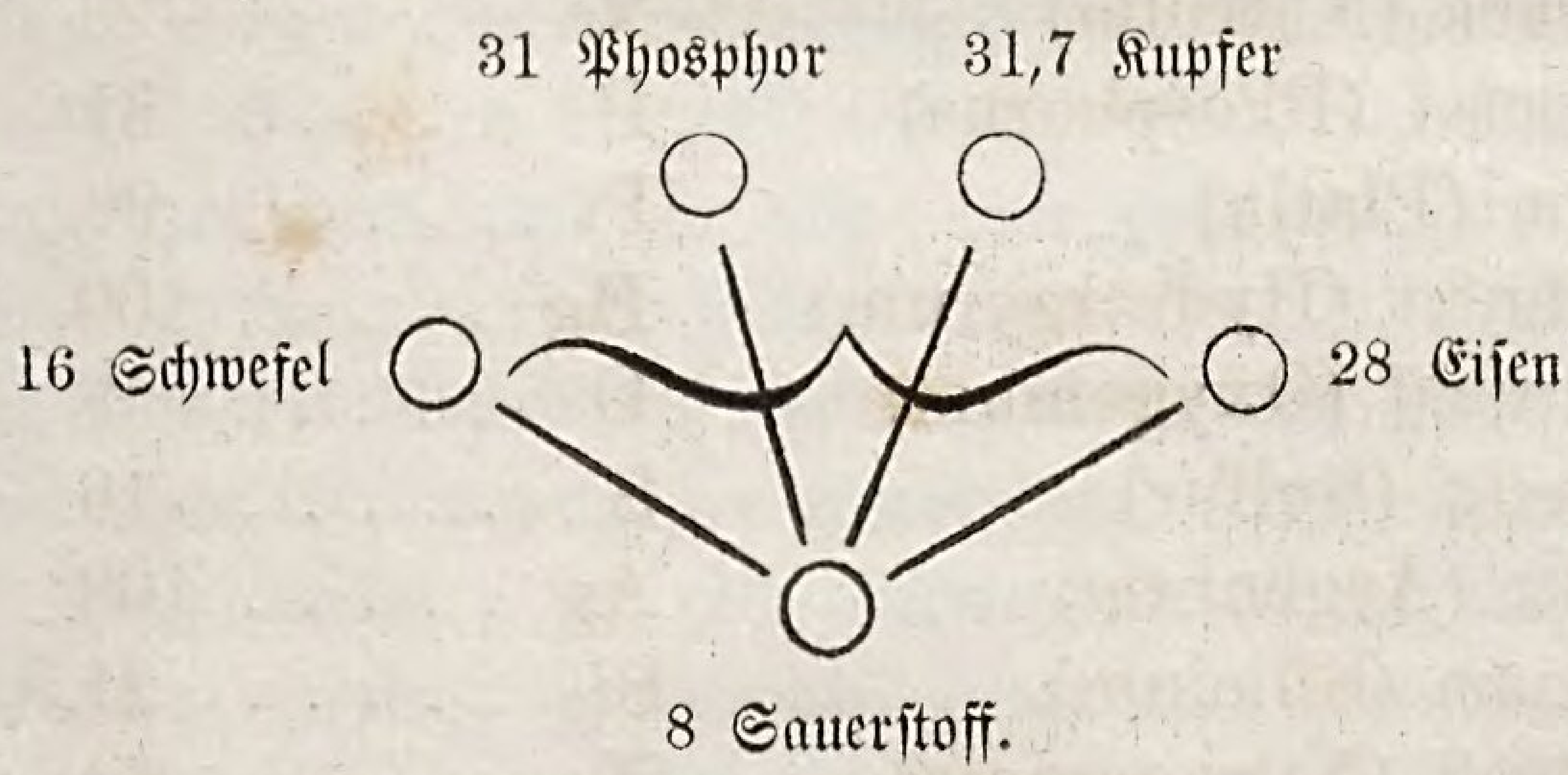
## 2.
## Zusammensetzung der Pflanze. Elemente.

Wenn man eine Pflanze verbrennt, so sieht man auf den ersten Blick, daß sie aus verschiedenartigen Theilen besteht: Ein Theil verflüchtiget sich unter Feuererscheinung und verschwindet scheinbar, ein anderer bleibt als graulichweiße Masse oder Asche zurück. Indem der Chemiker nun nicht bloß die Pflanzen, sondern sämmtliche Naturkörper untersucht und zerlegt, gelangt er endlich zu Stoffen, welche nicht weiter zerlegbar sind, sondern allen den ihm zu Gebote stehenden Zerlegungsmitteln widerstehen. Diese Stoffe werden Grundstoffe oder Elemente genannt. Unter Element versteht man also einen solchen Körper, der durch alle heute bekannten Zerlegungsmittel nicht weiter in verschiedenartige Theile gespalten werden kann. Während in der ganzen Natur auf diese Weise 62 Elemente aufgefunden wurden, ist es verhältnißmäßig nur eine beschränkte Zahl von Grundstoffen, welche zum Aufbau der Pflanze dient. Es sind: Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Eisen, Mangan, Silicium (Kiesel), Chlor und als äußerst selten vorkommend, Barium, Kupfer, Silber, Blei, Zinn, Zink, Arsen, Fluor, Brom und Jod. Die größte Wichtigkeit haben, wie wir weiter unten sehen werden: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, da sie neben etwas Phosphor und Schwefel die für das Leben wichtigsten Pflanzenbestandtheile bilden; sie werden daher auch besonders die Elemente der organischen Natur genannt.

## 3.
## Verbindungsverhältnisse der Grundstoffe.

Die ganze Natur würde eine todte, bewegungslose, unzusammenhängende Masse darstellen, wenn nicht alle Stoffe mit Kräften begabt wären, die auftreten und zu wirken beginnen, sobald die dazu nothwendigen Bedingungen erfüllt sind. Unter diesen Kräften ist hier namentlich die chemische Verwandtschaft, d. h. das Bestreben der Körper, sich mit einander zu verbinden, von der größten Bedeutung. Alle Elemente, so wie auch bis

zu einem gewissen Punkte die Verbindungen zeigen größeres oder geringeres Vereinigungsbestreben. Im voraus d. h. ohne weitere Untersuchung wäre es denkbar gewesen, daß eine Verbindung der Elemente unter einander in allen beliebigen Verhältnissen möglich sei; die Untersuchung der Verbindungen hat aber gezeigt, daß dieses nicht der Fall ist, sondern daß jeder Grundstoff nur in einem ganz bestimmten Gewichtsverhältniß mit einem andern eine chemische Verbindung eingeht. Zur Bestimmung dieser Gewichtsverhältnisse kann der Chemiker eine bestimmte Gewichtsmenge irgend eines Grundstoffes, z. B. von Sauerstoff, zum Ausgangspunkt nehmen und diese mit allen andern Elementarstoffen in Verbindungen bringen; hat er dann die Gewichtsmenge ermittelt, in welcher sich die Letztern mit dem Sauerstoff vereinigten, so weiß er auch, in welchem Verhältniß sich alle unter einander verbinden; denn es ist kein anderes als dasjenige, in welchem sie sich mit Sauerstoff verbunden haben. Gesetzt, man habe z. B. 8 Gramme Sauerstoff der Reihe nach mit Schwefel, Phosphor, Eisen, Kupfer 2c. in Verbindung gebracht und gefunden, daß sich damit 16 Gramme Schwefel, 31 Gramme Phosphor, 28 Gramme Eisen, 31,7 Grammen Kupfer vereinigen, so ist ausgemacht, daß wenn man nun auch z. B. zwischen Eisen und Schwefel eine Verbindnng herstellen will, ohne daß von einem der Stoffe etwas übrig bleibt, auf 28 Gramme Eisen 16 Gramme Schwefel genommen werden müssen: Ein Schema macht die Sache noch anschaulicher.




Diese Zahlen sind keine absoluten, sondern nur relative Größen; es sind Verhältnißzahlen; denn hätte man statt 8 Grammen Sauerstoff 16 oder 4 genommen, so würden die Gewichtsmengen der damit verbundenen Elemente gleichfalls verdoppelt oder halbirt

werden müssen. Nennen wir die Ziffern 8, 16, 28 ꝛc. Aequivalentgewichte, so sind die Aequivalent-, Mischungs- oder Atomgewichte der Elementarstoffe diejenigen relativen Gewichtsmengen, in welchen sie sich unter einander verbinden. In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Elemente nebst ihren Mischungsgewichten aufgeführt.

| | Chemisches Zeichen: | Aequivalent-Gewicht: |
|---|---|---|
| Aluminium (Aluminium) | Al | 13,6 |
| Antimon (Stibium) | Sb | 129 |
| Arsenik (Arsenicum) | As | 75 |
| Barium (Barium) | Ba | 68,6 |
| Blei (Plumbum) | Pb | 103 |
| Brom (Bromum) | Br | 80 |
| Calcium (Calcium) | Ca | 20 |
| Chlor (Chlorum) | Cl | 35,5 |
| Eisen (Ferrum) | Fe | 28 |
| Fluor (Fluor) | F | 19 |
| Gold (Aurum) | Au | 196 |
| Jod (Jodum) | J | 127 |
| Kalium (Kalium) | K | 39 |
| Kohlenstoff (Carbonicum) | C | 6 |
| Kupfer (Cuprum) | Cu | 31,7 |
| Magnesium (Magnesium) | Mg | 12 |
| Mangan (Manganium) | Mn | 27,6 |
| Natrium (Natrium) | Na | 23 |
| Phosphor (Phosphorus) | P | 31 |
| Platin (Platin) | Pt | 98,5 |
| Quecksilber (Hydrargyrum) | Hg | 100 |
| Sauerstoff (Oxygenium) | O | 8 |
| Schwefel (Sulfur) | S | 16 |
| Silber (Argentum) | Ag | 108 |
| Silicium (Silicium) | Si | 21,3 |
| Stickstoff (Nitrogenium) | N | 14 |
| Wasserstoff (Hydrogenium) | H | 1 |
| Zink (Zincum) | Zn | 32,5 |
| Zinn (Stannum) | Sn | 58 |

Der Name Aequivalentgewicht hat den Sinn, daß sich die angegebenen relativen Gewichtsmengen der Elemente in chemischen Verbindungen vertreten können, daß sie gleichwerthig seien. Wo also z. B. 35,1 Gewichtstheile Chlor nothwendig sind, um mit 1 Gewichtstheil Wasserstoff in Verbindung zu treten, braucht man 16 Theile Schwefel, 127 Jod u. s. w., um dasselbe zu bewirken. Die Namen: Atom= und Mischungsgewicht für die Aequivalentenzahlen gehen wieder von andern Gesichtspunkten aus. Ohne die Erfahrung zu Hülfe zu nehmen, ergiebt sich schon durch bloßes Denken, daß die Materie nicht bis ins Unendliche theilbar sein könne, sonst würde zuletzt nichts mehr übrig bleiben, d. h. die Materie würde durch fortgesetzte Theilung zuletzt verschwinden müssen. Wir wissen aber, daß der Stoff auf unserer Erdoberfläche ewige Veränderungen erleiden, nicht aber in Nichts sich auflösen kann; deßhalb muß die Theilbarkeit ihre Grenzen haben und diese letzten weiter nicht mehr theilbaren Theilchen, welche zuletzt noch übrig bleiben, nennt man Atome. Die Form und Größe der Atome, woraus wir uns alle Körper zusammengesetzt und durch Anziehungskräfte zusammengehalten denken, ist uns unbekannt; sie sind sinnlich nicht mehr wahrnehmbar, dagegen ist uns ihr relatives oder specifisches Gewicht auszumitteln möglich. Nichts hindert uns nun an der Annahme, daß, während ein letztes Partikelchen Wasserstoff 1 wiegt, ein Atom Eisen 28, ein Atom Schwefel 16, ein Atom Stickstoff 14 mal so viel wiegt und so werden die Aequivalentgewichte zu Atomgewichten. — Fassen wir die obigen Gewichte endlich unter dem Namen von Mischungsgewichten auf, so haben wir zunächst eine praktische Rücksicht im Auge: Diese Zahlen zeigen uns, in welchem Verhältniß man die Grundstoffe nehmen muß, um zwischen ihnen eine chemische Verbindung hervorzubringen, ohne daß von einem etwas übrig bleibt. Es soll Schwefeleisen dargestellt werden und man hat gerade 1 ℔ oder 500 Gramme Eisenfeile vorräthig. Wie viel Schwefelblumen sind dazu nöthig? Die Menge ergiebt sich aus der Proportion.

Aequivalent des Eisen : Aequivalent des Schwefels     Gramme

28     16     = 500 : x

$$x = \frac{500 \times 16}{28} = 285{,}7 \text{ Gramme Schwefel}$$

## 4.

## Das Gesetz der multipeln Proportionen.

Die Erfahrung hat ferner gezeigt, daß sich nicht bloß ein Aequivalent des einen Körpers mit einem Aequivalent des andern verbinden kann, sondern daß in den meisten Fällen mehrere Verbindungsverhältnisse möglich sind, dann aber sind die Atom- oder Mischungsgewichte der in solchen Verbindungen enthaltenen Bestandtheile einfache Multipla der einfachen Aequivalente. Zwischen Stickstoff und Sauerstoff existiren z. B. folgende Verbindungen:

14 Gewichtstheile Stickstoff u. 8 Sauerstoff = 1 Aeq. Stickstoff u. 1 Aeq. Sauerstoff.
14 " " 16 Sauerstoff = 1 Aeq. Stickstoff u. 2 Aeq. Sauerstoff.
14 " " 24 Sauerstoff = 1 Aeq. Stickstoff u. 3 Aeq. Sauerstoff.
14 " " 32 Sauerstoff = 1 Aeq. Stickstoff u. 4 Aeq. Sauerstoff.
14 " " 40 Sauerstoff = 1 Aeq. Stickstoff u. 5 Aeq. Sauerstoff.

Zwischen Eisen und Sauerstoff hat man:

28 Gewichtstheile Eisen u. 8 Gewthle. Sauerstoff = 1 Aeq. Eisen u. 1 Aeq. Sauerstoff.
56 " " 24 Gewthle. Sauerstoff = 2 Aeq. Eisen u. 3 Aeq. Sauerstoff.
28 " " 24 Gewthle. Sauerstoff = 1 Aeq. Eisen u. 3 Aeq. Sauerstoff.

u. s. w.

Das Aequivalentgewicht eines zusammengesetzten Körpers ist = der Summe der Aequivalentgewichte seiner Bestandtheile: In der fünften oben angeführten Verbindung zwischen Stickstoff und Sauerstoff kommen auf 1 Mischungsgewicht Stickstoff 5 Mischungsgewichte Sauerstoff; es ist dieß die Salpetersäure, oder das im gewöhnlichen Leben sogenannte Scheidewasser. Das Aequivalentgewicht desselben ist 14 + 40 = 54. — Erwähnt muß hier auch werden, daß wenn sich ein Stoff in mehrern

Verhältnissen mit einem andern verbindet, die einzelnen Verbindungen auch verschiedene Eigenschaften besitzen. Wird Schwefel an der Luft verbrannt, so entsteht schwefligte Säure, die auf 16 Gewichtstheile, d. i. ein Aequivalent Schwefel, 2 × 8 Gewichtstheile oder 2 Mischungsgewichte Sauerstoff enthält. Diese ist luftförmig und von erstickendem Geruch. Die wasserfreie Schwefelsäure, bestehend aus 1 Aequivalent Schwefel und 3 Aequivalenten Sauerstoff, dagegen ein in farblosen Nadeln krystallisirender fester Körper. Die angeführten Gesetze gelten bloß für chemische Verbindungen, nicht aber von bloßen mechanischen Gemengen. — Eisenfeile z. B. kann in allen möglichen Verhältnissen mit Schwefelblumen gemischt werden; will man dagegen eine chemische Verbindung zwischen den beiden herstellen, so müssen sie genau in dem oben angeführten Verhältniß genommen und zusammen erhitzt werden. Bei einem mechanischen Gemenge kann man die verschiedenen Bestandtheile meist schon mit bloßem Auge von einander unterscheiden; bei einer chemischen Verbindung ist keine Unterscheidung der Bestandtheile mehr möglich: die Elemente geben, indem sie zusammentreten, ihre Eigenschaften im isolirten Zustande auf und bilden eine Verbindung mit neuen Eigenthümlichkeiten ausgestattet. Der Zinnober ist eine Verbindung von Quecksilber und Schwefel. Er bildet eine tief rothe, schwere, faserig krystallinische Masse, die ebenso verschieden vom Quecksilber wie vom Schwefel ist. Es gelingt nicht durch fortgesetzte Zerkleinerung denselben zu zerlegen; denn das kleinste Partikelchen Zinnober besteht noch aus Schwefel und Quecksilber, wie weit man auch die Theilung führen mag.

Findet zwischen zwei Körpern eine chemische Vereinigung statt, so ist dieselbe von Licht= und Wärmeentwicklung begleitet; jedoch sind Licht und Wärme oder Feuererscheinung nur dann bemerkbar, wenn die chemische Verbindung rasch vor sich geht und erhebliche Mengen der beiden Stoffe daran Theil nehmen. Läßt man glänzendes, metallisches Eisen an der Luft liegen, so wird dasselbe in eine rothe pulverige Masse verwandelt, es rostet; Holz auf Heerde angezündet verbrennt. Hiebei geht ganz derselbe chemische Prozeß vor sich: ein Bestandtheil der Luft verbindet sich dort mit dem Eisen, hier mit dem Holze, aber beim Rosten

des Eisens beobachten wir deßhalb kein Licht und keine Wärme, weil sich der Sauerstoff der Luft mit dem Eisen nur äußerst langsam, mit dem Holze aber sehr schnell verbindet, so zwar, daß sie im erstern Fall von uns nicht beobachtet werden können, dagegen aber im Letztern. Die wichtigsten chemischen Prozesse, die im gewöhnlichen Leben vorkommen, werden nicht deßhalb eingeleitet, um überhaupt die Körper mit einander zu verbinden, sondern um die dabei auftretenden Erscheinungen für die Bedürfnisse des Lebens zu benützen: Wir verbrennen Holz, um Wärme zu bekommen, Oel, um auch bei der Nacht sehen zu können.

## 5.

## Chemische Bezeichnungsweise oder Nomenclatur.

Um die chemischen Verbindungen, sowie die Vorgänge beim Zusammenkommen der Elemente schnell und vollkommen anschaulich zu machen, schreibt man die Namen der in einer Verbindung enthaltenen Bestandtheile und die zu einem chemischen Prozesse angewandten Körper nicht ganz aus, sondern bedient sich zu ihrer Bezeichnung bloß eines oder zweier Buchstaben. Da die Chemie eine allgemeine Wissenschaft ist und als solche allen Völkern und Sprachen angehört, so ist das Bedürfniß vorhanden, auch eine allgemeine Bezeichnungsweise einzuführen. Diese besteht darin, daß man die Elemente mit lateinischen Namen (Latein war früher die allgemeine Gelehrtensprache) belegt und dann die Anfangsbuchstaben derselben nimmt, wie es bereits in der oben angeführten Tabelle der Aequivalentgewichte geschehen ist. Die lateinische Benennung für Sauerstoff ist Oxygenium und sein Zeichen O., die des Stickstoffs Nitrogenium und seine Bezeichnung N. 2c. Sind zwei Elemente mit einander in einer Verbindung enthalten, so werden ihre Symbole neben einander geschrieben und kömmt eines oder beide zu mehrern Aequivalenten vor, so bezeichnet man es durch beigesetzte Ziffern. Die früher schon angeführten Verbindungen zwischen Stickstoff und Sauerstoff werden demnach durch folgende Formeln ausgedrückt:

$NO$
$NO_2$
$NO_3$
$NO_4$ und
$NO_5$

Die zwischen Sauerstoff und Eisen durch:

$FeO$

$Fe_2O_3$ und

$FeO_3$.

Die allgemein bekannte schwefelsaure Kalkerde oder den Gyps mit noch zwei Aequivalenten Krystallwasser bezeichnet der Chemiker mit der Formel: $CaOSO_3+2HO$, den Eisenvitriol mit 7 Aequivalenten Krystallwasser mit:

$FeO,SO_3+7HO$

Schwefelsaures Eisenoxydul.

Da ferner das Zeichen für ein Element nicht bloß dasselbe schlechtweg, sondern auch, wenn keine weitere Ziffer dabei steht, 1 Aequivalent bedeutet, so ist nichts leichter, als aus der chemischen Formel eines Körpers auch dessen Zusammensetzung in Prozenten zu berechnen. Will ich wissen, wie viel Schwefelsäure in 100 Theilen z. B. einem Centner Gyps enthalten sei, so ergiebt sich die Antwort folgendermaßen

Gyps $= CaO,SO_3+2HO$

| | | |
|---|---|---|
| enthält | 1 Aequivalent Calcium | = 20 |
| | 6 Aequivalente Sauerstoff | = 48 |
| | 1 Aequivalent Schwefel | = 16 |
| | 2 Aequivalente Wasserstoff | = 2 |
| Somit wiegt | 1 Aequivalent Gyps | = 86. |

Darin ist enthalten 1 Aequivalent Schwefelsäure, bestehend

| | |
|---|---|
| aus 1 Aequivalent Schwefel | = 16 |
| und 3 Aequivalenten Sauerstoff | = 24 |
| Summa | = 40. |

Man weiß also, daß in 86 Theilen Gyps 40 Theile Schwefelsäure enthalten sind und hat die Proportion

$$86 : 40 = 100 : x$$

$$x = \frac{40 \times 100}{86} = 46{,}5 \text{ ℔}$$

In einem Centner Gyps sind 46 und ein halbes Pfund Schwefelsäure enthalten.

Das Wasser besteht aus zwei Elementen und zwar aus 1 Aequivalent Wasserstoff und 1 Aequivalent Sauerstoff, seine

chemische Formel ist daher HO. Wie viel Wasserstoff und Sauerstoff sind in 100 Theilen enthalten? Man hat:

1 Aequivalent Wasserstoff = 1
1 Aequivalent Sauerstoff = 8
1 Aequivalent Wasser = 9

In 9 Theilen Wasser ist darnach 1 Gewichtstheil Wasserstoff enthalten, also in 100 Theilen 11,1 nach der Proportion:

$$9 : 1 = 100 : x.$$

Der Gehalt an Sauerstoff ergiebt sich aus dem Ansatz:

$$9 : 8 = 100 : x$$
$$x = 88,9$$

Das Wasser besteht also in 100 Theilen aus

H = 11,1
O = 88,9
100,0

## 6.

## Aggregatzustände.

Die Elemente sowohl wie ihre Verbindungen unter einander können in der Natur in drei verschiedenen Formen auftreten, die man Aggregatzustände heißt. Die Körper sind bei gewöhnlicher Temperatur (Wärme) entweder fest, flüssig oder luftförmig. Die meisten Körper können alle drei Aggregatzustände annehmen; einige sind bis jetzt nur in einem Aggregatzustande bekannt. — Durch Erhitzen werden die festen Körper flüssig und hernach gas- oder luftförmig. Wir haben oben erwähnt, daß man sich die Materie aus äußerst kleinen, untheilbaren Theilchen, den Atomen, zusammengesetzt denke und daß zwischen ihnen Kräfte wirksam seien. Diese Kräfte sind theils anziehende, theils abstoßende. Wo die Anziehungskräfte zwischen den Atomen überwiegen, wo also die Atome sehr nahe bei einander sind und fest zusammengehalten werden, erscheinen die Körper fest. — Halten sich in einem Körper Anziehungs- und Abstoßungskräfte zwischen den Atomen nahezu das Gleichgewicht, so ist er flüssig und leicht zertheilbar, wie z. B. das Wasser; überwiegt endlich die Abstoßungskraft zwischen den kleinsten

Theilchen, so hat ein Körper Luft- oder Gasgestalt. Da durch Erhitzen oder Hinzufügen von Wärme feste Körper in den flüssigen und Flüssige in den gasförmigen Zustand übergehen, so nimmt man an, daß die Wärme die abstoßende Kraft zwischen den Atomen eines Körpers sei: Bei einem gewissen Abstande der Atome ist der Körper fest, wird er durch Erhitzen größer, so tritt der flüssige und zuletzt bei sehr viel Wärme oder sehr starker Abstoßung die gasförmige Gestalt ein. — Die Temperatur, bei der ein Körper aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand übergeht, heißt sein Schmelzpunkt; der Punkt, bei dem er gasförmig wird, sein Siedepunkt. Der Erstere ist vom Drucke der Luft unabhängig, wohl aber der Letztere. Der Siedepunkt einer Flüssigkeit liegt um so höher, je höher der Luftdruck ist und umgekehrt. Je höher man herauf steigt, um so geringer ist der Druck der Luft, daher auch in höhern Gegenden und auf Bergen das Wasser nicht so viel Wärme braucht, um zu sieden oder zu kochen, wie an tief gelegenen Orten, z. B. an Meeresufern. Der Wärmegrad wird durch ein eigenes dazu gefertigtes Instrument, das Thermometer, gemessen.

Während durch Zuführung von Wärme die Körper aufwärts flüssig und gasförmig werden, nehmen die Gasförmigen wieder rückwärts flüssige und feste Form an, wenn man ihnen die Wärme entzieht. Es kann dieses im Winter in jedem Zimmer beobachtet werden. Wasser, das in demselben in Folge der Wärme verdampft, setzt sich an den kalten Fensterscheiben an und da dem Wasserdampf hier Wärme entzogen wird, so wird er flüssig, die Scheiben fangen an mit Wassertropfen überzogen zu werden. Ist es draußen sehr kalt, so geht die Entziehung der Wärme immer weiter und das flüssige Wasser wird fest, die Scheiben werden mit Eis überkleidet. Hierauf beruht die Destillation. Destilliren heißt nämlich einen Körper durch Erhitzen in Dampf verwandeln und hernach den Dampf durch Abkühlen in den flüssigen Zustand zurückführen. Der Schmelzpunkt und der Siedepunkt finden unter gleichen Verhältnissen bei ein- und demselben Körper immer bei dem gleichen Temperaturgrade statt und sind deßhalb charakteristische Eigenschaften desselben. — Außer der Anwendung von Wärme von Außen können die Stoffe aber

auch noch dadurch flüssig gemacht werden, daß man sie in Flüssigkeiten auflöst; so wird z. B. Kochsalz flüssig, wenn es ins Wasser gebracht wird; bei dieser Auflösung aber sinkt die Temperatur des Wassers, auch hier also ist zum Flüssigwerden eines Körpers eine bestimmte Wärmemenge nothwendig, die das Lösungsmittel abgeben muß; auch durch Druck endlich ist es möglich geworden, gasförmige Körper in Flüssigkeiten zu verwandeln. — Bei dem Uebergang aus einem Aggregatzustand in den andern erleiden die Körper in der Regel keine Veränderung ihrer Zusammensetzung: Wasser in flüssiger Form, Eis und Wasserdampf sind chemisch genommen nicht verschieden.

## 7.
## Krystallisation.

Wenn die Stoffe aus dem flüssigen oder gasförmigen Zustande wieder in den festen übergehen, indem man die Flüssigkeit, worin sie gelöst sind, verdunstet, oder sie abkühlt, so zeigt sich überall ein Bestreben ihrer Atome sich zu einer regelmäßigen Form zusammen zu lagern; sie zeigen Neigung zur Krystallbildung. Krystallisirt heißt man einen solchen Körper, der von ebenen Flächen begrenzt wird, welche sich unter bestimmten Winkeln schneiden. Um eine Substanz im krystallisirten Zustande zu erhalten, schmilzt man dieselbe in einem Gefässe und läßt sie langsam erkalten, oder löst sie in Wasser oder einer andern Flüssigkeit auf und verdunstet. Die Krystalle werden um so größer und ausgebildeter, je langsamer die Abkühlung oder Verdunstung von statten geht. In der Natur findet man eine Menge krystallisirter Stoffe, wie Bergkrystall, Kalkspath, Gyps ꝛc. Will man Schwefel in krystallisirter Form haben, so schmilzt man denselben in einem Tigel, läßt erkalten, bis oben eine Kruste sich zu bilden angefangen hat, sticht dieselbe mit einem Glasstabe durch, um den in der Mitte noch flüssigen Schwefel auszugießen und zerschlägt dann den Tigel. Man findet nun die Wände mit langen Nadeln besetzt. Kochsalz bildet wohl ausgebildete Würfel, wenn man es im Wasser löst und durch die Ofenwärme ganz langsam abdunsten läßt. Die Krystallformen sind sehr mannigfaltig und streng genommen kömmt jedem Stoffe eine eigenthüm-

liche Krystallform zu. Kochsalz krystallisirt anders als Salpeter, Salpeter wieder anders als Eisenvitriol u. s. w. Auch im Innern zeigen krystallisirte Substanzen einen eigenthümlichen Bau, was sich dadurch zeigt, daß sie sich nach gewissen Richtungen besonders leicht spalten lassen und regelmäßige Bruchstücke geben. Man bezeichnet dieß mit kristallinischer Structur. Körper, die nicht krystallisiren, werden amorphe (gestaltlose) genannt.

## 8.
## Specifisches Gewicht.

Schon durch die tägliche Erfahrung weiß man, daß die Stoffe sehr verschiedenes Gewicht besitzen; dieß springt namentlich dann in die Augen, wenn man sie bei gleichem räumlichen Inhalte oder Volumen vergleicht. Wiegt man z. B. einen Cubiczoll Eisen und einen Cubiczoll Holz, so stellt sich ein bedeutender Unterschied heraus: das Eisen wiegt viel mehr als das Holz. Das Gewicht der Körper nun verglichen bei gleichem Volumen heißt ihr specifisches Gewicht. Als Ausgangspunkt für die specifische Gewichtsbestimmung der festen und flüssigen Stoffe nimmt man das Wasser und es ist demnach das specifische Gewicht eines Körpers die Zahl, welche angiebt, wie vielmal derselbe schwerer ist als ein gleich großes Volumen Wasser. Daraus folgt, daß das specifische Gewicht einer Substanz gefunden wird, wenn man ihr absolutes Gewicht durch das Gewicht eines gleich großen Volumens Wasser dividirt. Sehr leicht ist das spec. Gewicht von Flüssigkeiten zu bestimmen. Gesetzt, man habe durch die Waage gefunden, daß ein Gläschen mit Wasser bis zu einer durch einen Strich bestimmten Stelle gefüllt, 1200 Gramm wiege und das Gewicht des Gläschens selbst gleich 200 Grammen sei, so ist das Gewicht des das Glas bis zum Strich füllenden Wassers 1000 Gramm. Entleert man nun das Glas und füllt eine andere Flüssigkeit, z. B. Vitriolöl ein wieder bis zum Striche, so zeigt sich eine Vermehrung des Gewichtes. Man muß jetzt 2048 Gramme auflegen, um das Gleichgewicht der Waage herzustellen. Davon 200 Gramm wie oben für das Gläschen abgezogen, macht 1848 Gramme. Man weiß jetzt, daß einem 1000 Gramm wiegenden Volumen Wasser gleich großes Volumen

Vitriolöl 1848 Gramme wiegt, und es ist also das specifische Gewicht des Vitriolöls $= \frac{1848}{1000} = 1,848$

Soll das specifische Gewicht von festen Körpern bestimmt werden, die sich nicht in Gläser bringen lassen, so nimmt man das sogenannte Archimedische Princip zu Hülfe, das also lautet: Wenn ein Körper in Wasser eingetaucht wird, so verliert er so viel von seinem Gewicht, als das Gewicht des Wassers beträgt, das er aus seiner Stelle verdrängt. Was also nach diesem Satze ein Körper an Gewicht in Wasser verliert, ist gerade das Gewicht eines gleich großen Wasservolumens. Ein Körper wiege in der Luft 15,5, ins Wasser getaucht nur noch 13,1 Gramm; er hat also um 2,4 Gramm an Gewicht abgenommen. Sein specifisches Gewicht ist $\frac{15,5}{2,4} = 6,4$

Die Gase werden nicht mit einem gleich großen Volumen Wasser, sondern mit Luft verglichen. Wenn angegeben wird, das specifische Gewicht der Kohlensäure sei $= 1,5$, so heißt das, die Kohlensäure sei $1\frac{1}{2}$ mal so schwer als ein gleich großes Volumen Luft.

Die specifischen Gewichte sowohl der Elemente als ihrer Verbindungen sind sehr verschieden. Dasjenige der Elemente schwankt zwischen 0,8 (spec. Gewicht des Kalium) und 23 (spec. Gewicht des Metalles Iridium).

Die folgende Tabelle enthält die specifischen Gewichte einiger der bekannteren Grundstoffe und ihrer Verbindungen aus der organischen und anorganischen Natur:

Das Gewicht eines gleich großen Volumens Wasser $= 1$.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Gold . . . . . | 19,25 | Schwerspath . . . | 4,43 |
| Blei . . . . . | 11,35 | Diamant . . . . | 3,52 |
| Silber . . . . | 10,47 | Flintglas . . . . | 3,50 |
| Kupfer . . . . | 7,79 | Marmor . . . . | 2,84 |
| Messing (Legirung von Zink und Kupfer) . | 8,39 | Bergkrystall . . . | 2,68 |
| | | Gyps . . . . . | 2,31 |
| Eisen. . . . . | 7,21 | Schwefel . . . . | 2,03 |
| Zink . . . . . | 7,00 | Wachs . . . . . | 0,97 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Natrium . . . . . | 0,97 | Pappelholz . . . | 0,38 |
| Kalium . . . . . | 0,86 | Kork . . . . . . | 0,24 |
| Eichenholz (alt) . . | 1,23 | Quecksilber . . . | 13,5 |
| Buxbaum . . . . | 1,33 | Schwefelsäure . . | 1,84 |
| Ahorn (trocken) . . | 0,65 | Milch . . . . . | 1,030 |
| Buchenholz (trocken) . | 0,59 | Rheinwein . . . | 0,99 |
| Tannenholz (trocken) | 0,55 | Citronenöl . . . | 0,85 |
| „ (frisch) . | 0,89 | Leinöl . . . . | 0,95 |
| Erlenholz (trocken) . | 0,50 | Mohnöl . . . . | 0,92 |
| Eschenholz (trocken) . | 0,64 | Olivenöl . . . | 0,91 |
| Lindenholz (trocken) . | 0,44 | Terpentinöl . . . | 0,87 |
| Nußbaumholz . . . | 0,68 | Weingeist (absolut) | 0,79 |

## 9.

## Eintheilung.

Wie die sämmtlichen Elementarstoffe, so kann man auch diejenigen, welche die Pflanzen zusammensetzen, in zwei Gruppen, in Metalloïde und Metalle bringen. Metalloïde oder metallähnliche Grundstoffe unter den Pflanzenbildnern sind: Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor, Silicium, Chlor, Brom, Jod und Fluor. Metalle: Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Eisen, Mangan, (Barium, Kupfer, Silber, Blei, Zinn und Arsenik).

Die Metalle sind ausgezeichnet durch einen eigenthümlichen Glanz, den sogenannten Metallglanz, und sind gute Leiter für Electricität und Wärme; die Metalloïde dagegen sind schlechte Elektricitäts- und Wärmeleiter, auch fehlt ihnen der Metallglanz. Keines der obengenannten Elemente tritt als solches in die Pflanze ein, sondern alle in Form von Verbindungen. Man hat deßhalb zunächst die Elemente im freien Zustande, ihr Vorkommen, Darstellung und Eigenschaften und erst hernach die Verbindungen derselben anzuführen, welche in die Pflanze eingehen können.

## 1. Sauerstoff (Oxygenium).

Aequivalent = 8.

Vorkommen. Sowohl wegen der Menge, in welcher er sich in der Natur vorfindet, als wegen der Bedeutung, die er in derselben hat, eines der wichtigsten Elemente. Er ist ein Hauptbestandtheil der uns umgebenden Luft und des Wassers und ist fast in allen Mineral-, Pflanzen- und Thierstoffen enthalten. Wohl ein Drittel des Gewichtes der uns bekannten Erdrinde besteht aus Sauerstoff.

Darstellung. Obgleich der Sauerstoff in der Luft nur mit Stickstoff gemischt und nicht chemisch damit verbunden ist, so läßt er sich doch nicht aus derselben darstellen, weil der Stickstoff aus Mangel an Verwandtschaft zu andern Körpern nicht davon weggenommen werden kann. Man stellt den Sauerstoff aus gewissen Verbindungen desselben dar, die sich durch Hitze leicht zerlegen lassen. Diese Verbindungen sind: 1) rothes Quecksilberoxyd. HgO. Dasselbe besteht, wie die Formel zeigt, aus 1 Aeq. Quecksilber und 1 Aeq. Sauerstoff. Wird es erhitzt, so zerlegt es sich gerade aus in Quecksilber und Sauerstoff:

$$HgO = Hg + O \nearrow$$

2) Braunstein (Manganüberoxyd) $MnO_2$. Ein in der Natur sehr häufig vorkommendes Mineral. Er läßt in der Glühhitze $^1/_3$ seines Sauerstoffes fahren und es bleibt ein Körper, bestehend aus 3 Aequivalenten Mangan und 4 Aequivalenten Sauerstoff, zurück.

$$3\,(MnO_2) = Mn_3O_4 + 2O \nearrow$$

3) Aus chlorsaurem Kali. $KO,ClO_5$. Ist ein Körper (Salz), welcher aus 1 Aeq. Kalium, 6 Aeq. Sauerstoff und 1 Aeq. Chlor besteht. Beim Erhitzen geht aus dem chlorsauren Kali aller Sauerstoff weg und es bleibt ein dem Kochsalz höchst ähnlicher Körper, das Chlorkalium, als Rückstand.

$$KO.ClO_5 = KCl + 6O \nearrow$$

Eigenschaften: Der Sauerstoff ist ein permanentes Gas, d. h. er läßt sich weder durch Druck, noch durch Abkühlung in den flüssigen Zustand überführen. Er ist farblos und geruchlos und hat ein specifisches Gewicht von 1,056, das der Luft = 1,000 gesetzt. Die vorzüglichste Eigenschaft des Sauerstoffes ist,

daß die Körper mit viel größerer Wärme= und Lichtentwicklung in ihm brennen als in der Luft. Ein nur noch glimmender Spahn entzündet sich, in das Gas getaucht, wieder. Angezündeter Phosphor verbrennt darin mit so intensivem Glanze, daß es die Augen kaum zu ertragen vermögen.

Das Verbrennen eines Körpers ist nichts anderes als eine Vereinigung desselben mit Sauerstoff und er wird gerade um so viel schwerer als das Gewicht des Sauerstoffes ist, womit er sich bei der Verbrennung verbunden hat. Daß die Körper in der gewöhnlichen atmosphärischen Luft nicht mit derselben Energie wie im Sauerstoff verbrennen, erklärt sich dadurch, daß die Luft nicht aus reinem Sauerstoff besteht, sondern $^4/_5$ Stickstoff enthält, der die Verbrennung nicht zu unterhalten vermag. Das Holz verschwindet beim Verbrennen nur scheinbar; sammelt man die Verbrennungsprodukte, anstatt sie in die Luft gehen zu lassen, das Wasser und die Kohlensäure, so wiegen sie mit sammt der Asche mehr als das ursprüngliche Holz gewogen hat. Der Chemiker bezeichnet die Verbrennung mit dem Wort Oxydation von Oxygenium (Sauerstoff). Ein und derselbe Körper kann mehr oder weniger verbrennen, d. h. er kann bei seiner Verbrennung mehr oder weniger Sauerstoff aufnehmen, oder mehrere Oxydationsstufen bilden. Die unterste Oxydationsstufe eines Elementes, welche am wenigsten Sauerstoff enthält, nennt man Oxydul, die nächst höhere Oxyd, die dritte Hyperoxyd, die noch folgenden sind Säuren. Die untern Oxydationsstufen Oxydul und Oxyd faßt man unter dem Namen Basen (Grundlagen) zusammen, im Gegensatze zu den Säuren. Eine Basis ist ausgezeichnet

1) durch einen alkalischen oder Laugengeschmack;
2) durch die Eigenschaft, gelbe Pflanzenfarben zu bräunen und
3) durch das Vermögen, sich mit Säuren verbinden zu können.

Eine Säure ist charakterisirt:

1) Durch einen sauren Geschmack;
2) durch saure Reaction, d. h. sie färbt blaue Pflanzenfarben roth;
3) durch die Verwandtschaft zu den Basen.

Bezeichnend und entscheidend für Basen und Säuren ist nur die dritte Eigenschaft, indem die zwei ersten fehlen können, wenn sie im Wasser nicht löslich sind (Bergkrystall, Bleioxyd). Wie also beim Zusammenkommen zweier Grundstoffe in Folge der chemischen Verwandtschaft eine Vereinigung derselben eintritt, so tritt auch zwischen Säuren und Basen, oder den niedern und höhern Oxydationsstufen eines oder verschiedener Elemente wiederum das Vereinigungsbestreben auf, und es entsteht eine neue Klasse äußerst wichtiger Verbindungen, die Salze, und zwar speciell die Sauerstoffsalze. In den Salzen haben sich die Eigenschaften von Basis und Säure ausgeglichen; sie färben Pflanzenfarben in der Regel nicht mehr und haben weder sauren noch alkalischen Geschmack; sie schmecken salzig.

Das Gesagte wird wohl am besten durch folgendes Schema erläutert. Das Metall Mangan zur Gruppe des Eisens gehörend, bildet fünf Verbindungen mit Sauerstoff und man hat:

| | | | | Verhältniß des Sauerstoffes zum Metall: |
|---|---|---|---|---|
| Salz | Basen | $MnO$ | Manganoxydul; | 1 : 1 |
| | | $Mn_2O_3$ | Manganoxyd; | 1 : 1½ |
| | | $MnO_2$ | Manganüberoxyd; | 1 : 2 |
| | Säuren | $MnO_3$ | Mangansäure; | 1 : 3 |
| | | $Mn_2O_7$ | Uebermangansäure; | 1 : 3½ |

Solche Salze sind das oben erwähnte chlorsaure Kali:

$\underbrace{KO}_{\text{Basis.}}, \underbrace{ClO_5}_{\text{Säure.}}$; $\underbrace{CaO}_{\text{Basis.}}, \underbrace{SO_3}_{\text{Säure.}}$ (Schwefelsaure Kalkerde, Calciumoxyd).

$\underbrace{KO}_{\text{Basis.}}, \underbrace{NO_5}_{\text{Säure.}}$ Salpetersaures Kaliumoxyd.

Hier gerade ist Gelegenheit, sich von der Vortrefflichkeit chemischer Formeln zu überzeugen. Mit vier Buchstaben und einer Ziffer wird bezeichnet 1) daß der Körper aus drei Grundstoffen bestehe. 2) Aus einer Basis und einer Säure, daß also ein Theil des Sauerstoffes der Basis, ein Theil der Salpetersäure angehöre, und daß die chemische Verbindung ein Salz sei. Indessen sind nicht alle Oxyde gleich zusammengesetzt, so zwar, daß einem gleichen Namen auch eine gleiche Zusammensetzung entspricht. Bei den meisten Oxyden ist das Verhältniß des

Metalles zum Sauerstoff wie 1 : 1, d. h. es kömmt darin auf 1 Aequivalentgewicht Metall oder Radical 1 Aequivalent Sauerstoff, wie im KO, NaO, PbO (Kaliumoxyd, Natriumoxyd, Bleioxyd ꝛc.). Die Hyperoxyde sind indifferent, sie haben weder den Charakter einer Säure noch einer Basis; um Basis zu werden, müssen sie Sauerstoff abgeben, um in eine Säure überzugehen, noch mehr davon aufnehmen.

Athmungsprozeß. Der Sauerstoff hat noch dadurch eine ganz besondere Wichtigkeit, daß er nicht bloß das Verbrennen der Körper unterhält, sondern auch das Athmen. Hiebei ziehen wir den Sauerstoff der Luft in die Lungen ein, wo er mit dem Blute zusammenkommt und es befähiget, das Leben zu unterhalten. Sobald das Athmen aufhört, erlischt das Leben. Der menschliche Körper hat eine Normaltemperatur von 35° Cel., und diese Wärme entsteht auf ähnliche Weise, wie diejenige bei der Verbrennung des Holzes auf dem Heerde. Der Sauerstoff, der eingeathmet wird, vereinigt sich nämlich theils mit der eingenommenen Nahrung, theils mit Bestandtheilen des Körpers und dabei wird Wärme frei, und wie dort beim Verbrennen des Holzes Kohlensäure und Wasser weggeht, so auch hier: Während wir Sauerstoff einathmen, werden Kohlensäure und Wasser ausgehaucht. Berücksichtigt man Alles, so kann man wohl sagen, daß der Sauerstoff das wichtigste unter den Elementen der Natur ist.

## 2. Wasserstoff (Hydrogenium).

Aequivalent = 1.

Vorkommen. Wie schon im Namen liegt, ist er ein Bestandtheil des Wassers und fast aller Pflanzen- und Thierstoffe.

Darstellung. Er kann auf verschiedene Weisen erhalten werden; stets aber wird seine Verbindung mit Sauerstoff oder das Wasser dazu benutzt.

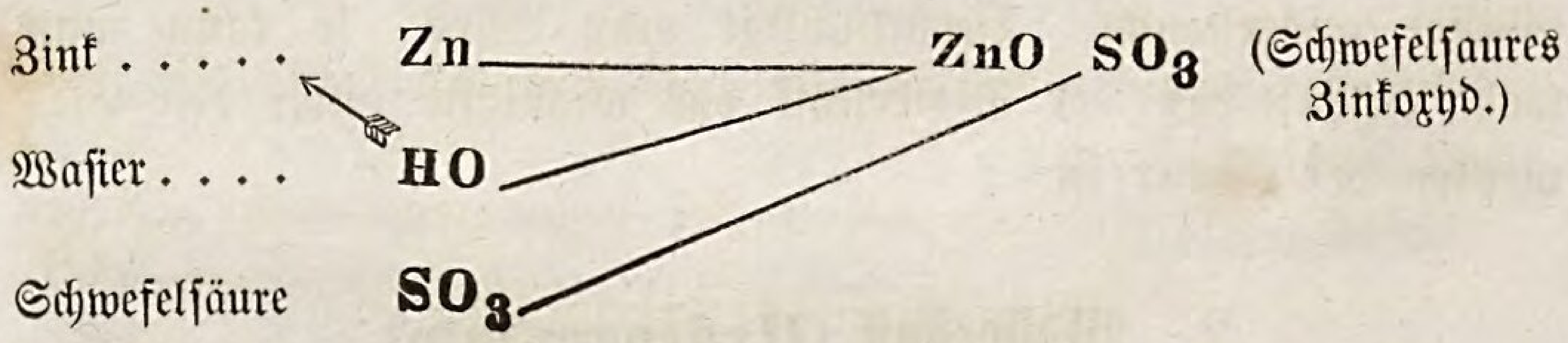
1) Man bringt die Metalle Kalium oder Natrium mit Wasser zusammen. Diese haben so große Verwandtschaft zum Sauerstoff, daß sie sich damit verbinden und den Wasserstoff frei machen.

2) Man läßt den galvanischen Strom auf Wasser einwirken, dabei scheidet sich der Wasserstoff am negativen, der Sauerstoff am positiven Ende der Säule aus.

3) Wird Wasserdampf über glühendes Eisen geleitet, so findet Zersetzung des Wassers statt: der Sauerstoff des Wassers geht zum Eisen, das sich oxydirt und der Wasserstoff wird frei.

4) Die gebräuchlichste Methode, Wasserstoff darzustellen, ist indessen die, daß man Zink, Wasser und Schwefelsäure zusammenbringt.

Die Schwefelsäure, als eine sehr starke Säure, hat das Bestreben, sich mit einer Basis zu verbinden. Das Metall Zink als solches ist aber noch keine Basis, es kann erst dadurch der Schwefelsäure gegenüber als Basis auftreten, daß es Sauerstoff aufnimmt und in Zinkoxyd übergeht. In Folge dessen wird das Wasser zersetzt: der Sauerstoff geht ans Zink und bildet damit die Basis Zinkoxyd, womit sich die Schwefelsäure verbindet und das Sauerstoffsalz, schwefelsaures Zinkoxyd, (Zinkvitriol) bildet, während Wasserstoff in Freiheit gesetzt wird. Durch eine chemische Formel läßt sich der Vorgang ganz kurz so ausdrücken:




Eigenschaften. Der Wasserstoff ist ein farbloses, geruchloses und permanentes Gas. Sein specifisches Gewicht ist bloß 0,0692; er ist demnach $14\frac{1}{2}$ mal leichter als ein gleich großes Volumen Luft und der leichteste aller bis jetzt bekannten Körper. Der Wasserstoff unterhält das Brennen nicht wie Sauerstoff, dagegen ist er selbst brennbar. Er brennt angezündet mit schwach leuchtender Flamme, aber sehr starker Wärmeentwicklung. Indem man denselben anzündet, vereinigt er sich wieder mit dem Sauerstoff der Luft und das Verbrennungsprodukt ist nichts anders als Wasser. Wird Wasserstoff vor dem Anzünden mit Sauerstoff

oder Luft gemengt, so brennt er mit heftigem Knall oder unter Explosion ab. Zugleich wird hiebei viel Wärme entbunden, und es erzeugt sich die höchste Temperatur, die man hervorbringen kann. Hat man daher Sauerstoff und Wasserstoff in zwei getrennten Behältern angesammelt und leitet sie dann zur Verhütung einer Explosion so zusammen, daß sie erst an der Verbrennungsstelle sich mischen können, so hat man ein Mittel in Händen, Körper zu schmelzen, die sonst der stärksten Hitze widerstehen. (Knallgasgebläse.) Wegen seiner Leichtigkeit wird schon seit längerer Zeit das Wasserstoffgas auch zur Füllung der Luftballons angewendet. Der Ballon steigt, sobald das Gewicht desselben + dem eingeschlossenen Gase + Belastung geringer ist, als das Gewicht der Luft, welche durch ihn aus ihrer Stelle verdrängt wird. Es beruht dieß auf dem gleichen Grunde, wie das Schwimmen der Körper im Wasser. Ein Körper schwimmt im Wasser, wenn er specifisch leichter ist als dasselbe, d. h. wenn ein mit dem Körper gleich großes Volumen Wasser ein größeres Gewicht besitzt; er taucht nur so weit ins Wasser ein, bis die von demselben verdrängte Wassermasse so viel wiegt, als sein Gewicht beträgt. Sein Gewicht wird durch die verdrängte Wassermasse gleichsam aufgehoben.

## Einfache und doppelte Wahlverwandtschaft.

Kalium und Natrium mit Wasser zusammengebracht zersetzen dasselbe; sie vereinigen sich mit dem Sauerstoff und machen den Wasserstoff frei. Beide Metalle haben größere Verwandtschaft zum Sauerstoff als der Wasserstoff und so wird dem Wasserstoff der mit ihm verbundene Sauerstoff entrissen; es entsteht eine neue Verbindung zu Kaliumoxyd oder Natriumoxyd. (Einfache Wahlverwandtschaft.)

Ganz gleich findet eine wechselseitige Zersetzung und Wiederbildung statt, wenn zwei Salzlösungen mit einander gemischt werden nach dem Gesetze, daß sich die stärkere Basis mit der stärkern Säure, die schwächere Basis mit der schwächern Säure verbindet. Werden z. B. kohlensaures Kali (Potasche) und schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol) in Lösung mit einander

gemischt, so erhält man kohlensaures Eisenoxydul und schwefelsaures Kali:

$$\begin{matrix} FeO, SO_3 \\ \times \\ KO, CO_2 \end{matrix} = \begin{matrix} FeO, CO_2 \\ \\ KO, SO_3 \end{matrix}$$

Eisenoxydul ist die schwächere Basis und verbindet sich mit der schwächern Kohlensäure, während die stärkere Schwefelsäure zu der stärkern Basis Kaliumoxyd geht. (Doppelte Wahlverwandtschaft.)

## Stickstoff. (Nitrogenium.)

Aequivalent = 14.

*Vorkommen.* Bildet ein Hauptbestandtheil der uns umgebenden Luft. Im Pflanzenreich ist er zwar gegenüber von Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff nur in untergeordneter Menge enthalten, hilft aber hier gerade diejenigen Stoffe bilden, welche als Nahrungsmittel von vorzüglichem Werthe sind (Pflanzeneiweiß und Pflanzenkäsestoff ꝛc.). In beinahe allen Gebilden des thierischen Körpers ist Stickstoff enthalten.

*Darstellung.* Wie das überall auf der Erde vorkommende Wasser eine chemische Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff ist, so ist die atmosphärische Luft ein Gemenge von $^4/_5$ Stickstoff- und $^1/_5$ Sauerstoffgas. Da nun der Sauerstoff großes Vereinigungsbestreben mit andern Stoffen hat, so läßt sich derselbe vom Stickstoff wegnehmen und die Darstellung des Stickstoffes aus der Luft ist möglich. Man verbrennt zu diesem Zwecke in einem durch eine Glasglocke abgeschlossenen Luftvolumen Phosphor. Derselbe brennt so lange fort, bis aller Sauerstoff verzehrt ist und der Stickstoff bleibt zurück.

*Eigenschaften.* Der Stickstoff ist gleich dem Sauerstoff und Wasserstoff ein farbloses, geruchloses, permanentes Gas. Sein specifisches Gewicht ist = 0,97. Der Stickstoff ist weder selbst brennbar noch unterhält er das Brennen. Im Stickgase erlöschen brennende Körper und Thiere ersticken, jedoch nur aus Mangel an Sauerstoff; denn das Gas wirkt als solches nicht giftig. Er zeigt, wenn er einmal aus einer chemischen Verbindung frei geworden ist, fast keine Verwandtschaft zu andern Ele-

menten, wohl aber in dem Augenblick, wo er gerade aus einer Verbindung sich ausscheidet. So geht er z. B. beim Faulen von thierischen Körpern nur sehr selten als solcher aus denselben weg, sondern verbindet sich mit dem Wasserstoff derselben zu einem neuen gasförmigen Körper, dem Ammoniak (siehe unten), das durch seinen durchdringenden Geruch schon längst bekannt ist und im gewöhnlichen Leben Salmiakgeist genannt wird.

In der atmosphärischen Luft verhindert er die allzustarke Einwirkung des Sauerstoffes bei der Verbrennung und dem Athmen; er verdünnt gleichsam den so äußerst thätigen Sauerstoff, so daß derselbe nicht schädlich auf Pflanzen und Thiere einzuwirken vermag.

## Kohlenstoff. (Carbonicum.)

Aequivalent = 6.

Findet sich in der unorganischen Natur in drei verschiedenen Formen: Als Diamant, Graphit und gewöhnliche Kohle. Er ist ein wesentlicher, nie fehlender Bestandtheil der Pflanzen und Thiere. In Form von Kohlensäure ist er in der Luft, im Wasser und im kohlensauren Kalk enthalten, der ganze Gebirge bildet.

### 1. Der Kohlenstoff als Diamant.

Vorkommen. Hauptsächlich in Indien und Brasilien in den obersten Erdschichten, z. B. im Sande der Flüsse oder in den Schuttmassen, die von der Zerstörung der Gebirge herrühren.

Eigenschaften. Der Diamant krystallisirt in regulären Octaedern; ist in der Regel farblos, doch giebt es auch solche von gelber, brauner bis schwarzer Farbe. Die rohen Diamanten sind an der Oberfläche meistens rauh und undurchsichtig, mit einer erdigen Kruste überzogen und erlangen erst durch Schleifen ihre vorzüglichen Eigenschaften. Ausgezeichnet ist der Diamant 1) durch seine Härte. Er ist der härteste aller bis jetzt bekannten Stoffe, indem er alle andern ritzt, ohne von irgend einem andern geritzt zu werden. Daher seine Anwendung zum Schneiden des Glases. Der Diamant kann aus demselben Grunde nur durch Diamantpulver geschliffen werden. 2) Durch außerordentlichen Glanz (daher sein Werth als Edelstein) und 3) durch

sein großes Lichtbrechungsvermögen. Obgleich der Diamant äußerlich der Kohle in keiner Beziehung ähnlich sieht, so ist er wesentlich nichts anders als Kohlenstoff; denn er giebt beim Verbrennen dasselbe Verbrennungsprodukt, wie jene, nämlich Kohlensäure. Alle Versuche, den Diamanten künstlich aus Kohle oder Verbindungen des Kohlenstoffes darzustellen, haben bis jetzt zu keinem Resultate geführt.

### 2. Der Kohlenstoff als Graphit.

Ist in Bezug auf seine Eigenschaften in den meisten Beziehungen das Gegentheil vom Diamanten.

Vorkommen. Im Urgebirge, hauptsächlich in England und zu Passau in Baiern.

Eigenschaften. Kann in Tafeln krystallisiren, kömmt aber in der Regel in derben, schuppigen Massen vor. Er ist undurchsichtig, halb metallisch glänzend, sehr weich, so daß er auf Papier abfärbt. Seine Farbe ist graulichschwarz und sein specifisches Gewicht = 2,5. Der Graphit wird vornehmlich zur Fabrication von Bleistiften angewendet.

### 3. Der Kohlenstoff als gewöhnliche Kohle.

Vorkommen. Man findet die Kohle theils im Erdinnern abgelagert, theils wird sie aus Holz dargestellt. In der Vorzeit sind durch Erdumwälzungen ganze Erdstriche sammt Pflanzen und Thieren überschüttet worden und untergegangen. Im Verlaufe der Zeit hat sich dann das Holz zersetzt und es ist mehr oder weniger reine Kohle in Form von Steinkohlen und Braunkohlen übrig geblieben, die nun heut zu Tage hervorgegraben wird. (Steinkohlenbergwerke.)

Künstliche Darstellung der Kohle. Das Holz besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Bei der Darstellung von Kohlen bezweckt man, Sauerstoff und Wasserstoff zu entfernen. Dieß geschieht entweder durch Meilerverkohlung oder durch trockene Destillation des Holzes. Bei der Meilerverkohlung wird das Holz aufgeschichtet, mit Erde überdeckt, Löcher in die Erdschicht gemacht und hernach angezündet. Da der Sauerstoff der Luft durch die Löcher nur spärlich zutreten kann, so findet

nur eine theilweise Verbrennung des Holzes statt, wobei namentlich Sauerstoff und Wasserstoff weggehen und Kohle zurückbleibt. Um Kohlen durch trockene Destillation zu erhalten, wird Holz in eiserne Cylinder eingeschlossen und dann die Cylinder von außen erhitzt. Durch eine Gasleitungsröhre gehen aus den Cylindern eine Menge Stoffe, worunter auch das Leuchtgas weg. Die aus dem Holze beim Glühen weggehenden Produkte enthalten namentlich den Wasserstoff und Sauerstoff desselben; den Kohlenstoff findet man dagegen großentheils im Rückstand.

Eigenschaften. Die auf die eine oder andere Weise dargestellte Kohle ist mehr oder weniger dicht, je nach der Art des Holzes, aus der sie dargestellt wurde, schwarz und nicht glänzend. Substanzen, wie z. B. Zucker, welche zuerst schmelzen, bevor sie verkohlt werden, geben eine poröse, aufgeblasene Kohle von viel größerem Umfang als der zur Verkohlung angewandte Körper hatte. Die Kohle ist auch in der höchsten Hitze durchaus unschmelzbar und löst sich wie Graphit und Diamant weder in Wasser noch in einer andern Flüssigkeit auf.

Die Kohle zeichnet sich durch eine Eigenschaft aus, welche auch im Großen benutzt wird; sie nimmt nämlich aus gefärbten Flüssigkeiten den Farbstoff auf und macht beim Durchlaufen dieselben farblos. — Das Entfärbungsvermögen ist um so größer, je lockerer oder poröser die Kohle ist. Wird rother Wein einige Zeit mit Kohlenpulver geschüttelt, dann stehen gelassen und auf ein papiernes Filtrum gebracht, so geht er farblos durch.

Auch die Kohle ist schwerer als Wasser; dennoch schwimmt ein Stück Kohle auf demselben, was aber darin seinen Grund hat, daß sie in ihren Poren sehr viel Luft eingeschlossen enthält, die sehr viel leichter als Wasser ist. Pulverisirt man aber voraus die Kohlenstücke, so sinkt das Pulver im Wasser unter. Wird Kohle verbrannt, was unter intensiver Wärmeentwicklung geschieht, so bildet sich, wie bei Graphit und Diamant, Kohlensäure.

Wie schon oben bemerkt, setzen die vier Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff nahezu allein die organischen Körper zusammen, so daß man sie, wenn man vom Kohlenstoff absieht, als verdichtete Luft betrachten könnte. Den-

noch sind die Eigenschaften der belebten Stoffe außerordentlich verschieden und manigfaltig; ihre Verschiedenheit unter einander ist noch größer als unter den unbelebten oder unorganischen Substanzen. Während in dem Mineralreich die Verschiedenartigkeit der Stoffe darauf beruht, daß die Natur eine große Zahl verschiedenartiger Elemente zum Aufbau derselben gebraucht hat, erreicht sie denselben Zweck bei den belebten Körpern dadurch, daß sie einer ganz beschränkten Zahl von Grundstoffen das Vermögen gegeben hat, in einer unerschöpflichen Zahl von Verhältnissen zusammenzutreten und jedesmal bei anderer Mischung auch einen andern, neuen Körper hervorbringen zu können. Der durch seinen süßen Geschmack allbekannte Zucker und Essig sind von einander außerordentlich verschieden und dennoch sind sie aus denselben Elementen, nämlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, gebildet; allein die absolute Anzahl der Atome und wahrscheinlich auch ihre Lagerung ist in beiden Körpern eine andere. Der Zucker hat die Formel $C_{12}\ H_{10}\ O_{10}$
die Essigsäure $C_4\ H_4\ O_4$
d. h. ein kleinstes Stofftheilchen (Aequivalent) Zucker besteht aus 12 Aequivalent oder Atomen (weil ja die Aequivalente die relativen Gewichte der Atome sind) Kohlenstoff, 10 Aeq. Wasserstoff und 10 Aeq. Sauerstoff, ein Aequivalent Essigsäure aus 4 Aeq. Kohlenstoff und ebensoviel Wasserstoff und Sauerstoff.

Zucker, Holzfaser und Stärkemehl sind in Bezug auf ihre Eigenschaften sehr verschieden und sind dennoch chemisch gleich zusammengesetzt: Alle haben die Formel $C_{12}\ H_{10}\ O_{10}$. Man stellt sich deßhalb vor, daß ihre Verschiedenheit auf einer verschiedenen Lagerung der Atome beruhe.

Fig. 1.




Stärke. Zucker. Zellstoff.

## Schwefel. (Sulfur.)

Aequivalent = 16.

Vorkommen. In großer Menge, namentlich auf Sicilien, im gediegenen Zustande, d. h. frei als solcher, ohne Verbindung mit andern Stoffen. An Sauerstoff gebunden, bildet er die Schwefelsäure und diese mit Kalk den Gyps, der in großer Menge vorkommt. Mit Metallen vereinigt, bildet der Schwefel die von den Mineralogen sogenannten Kiese, Glanze oder Blenden (Eisenkies, Zinkblende, Bleiglanz sind Verbindungen des Schwefels mit Eisen, Zink und Blei). Im Pflanzenreiche findet sich der Schwefel, — wenn auch nur untergeordnet — als Bestandtheil der so wichtigen eiweißartigen Körper.

Darstellung. Da, wo der Schwefel im gediegenen Zustande in den Gesteinen eingesprengt ist, wird er einfach durch Ausschmelzen in Kesseln erhalten. Der flüssige Schwefel wird abgeschöpft, in Formen gebracht und kömmt als Stangenschwefel in Handel. Der fein zertheilte Schwefel oder die Schwefelblumen erhält man dadurch, daß man in Cylindern den Schwefel so lange erhitzt, bis er in Dampf übergeht, und dann diesen Dampf in eine kalte Kammer übertreten läßt.

Eigenschaften. Der Schwefel ist citronengelb, hart und spröde. Er schmilzt bei 111 ° zu einer dünnen, leicht beweglichen Flüssigkeit, die beim weitern Erhitzen braun und dick wird; bei 400 ° geht er in braunrothen Dampf über. Der Schwefel kann ähnlich wie der Kohlenstoff in drei verschiedenen Formen auftreten. Der Schwefel ist im Wasser unlöslich, dagegen in andern Flüssigkeiten, wie z. B. in Schwefelkohlenstoff, woraus er beim Verdunsten in rhombischen Octaedern krystallisirt. Wenn Schwefel in einem Gefässe geschmolzen wird und man ihn langsam abkühlen läßt, so erstarrt er zu lauter rhombischen Säulen. Die dritte Form wird dann gebildet, wenn Schwefel geschmolzen und rasch abgekühlt wird, indem man ihn in kaltes Wasser gießt. Er stellt dann eine braune, zähe, elastische Masse dar, die sich in Faden ziehen läßt. Es ist dieß der amorphe (ungestaltete) Schwefel.

Der Schwefel verbrennt beim Erhitzen an der Luft mit blauer Flamme zu einem farblosen, erstickend riechenden Gase, der schwefligten Säure $SO_2$. Viel wichtiger als diese ist aber Schwefelsäure $SO_3$ und ihre Salze, von denen später die Rede sein wird. Wie zum Sauerstoff, hat aber der Schwefel auch Verwandtschaft zu den Metallen: Viele Metalle verbrennen im Schwefeldampf, ähnlich wie im Sauerstoffgas, und es entstehen Schwefelverbindungen, wie dort Verbindungen des Sauerstoffs. Manche Elemente bilden ebenso viel Schwefelungsstufen, als sie Oxydationsstufen haben, die einander entsprechend sind. Der Schwefel wird in sehr großer Menge verbraucht: Zur Fabrication der Schwefelsäure, des Schießpulvers (es besteht aus einem Gemisch von Kohle, Schwefel und Salpeter), der Zündhölzchen u. s. w. Die beim Verbrennen des Schwefels entstehende schwefligte Säure dient zum Bleichen, zum Ausmachen von Flecken und zum Auslöschen von Brand in Kaminen.

## Phosphor. (**Phosphorus.**)

Aequivalent = 32.

Vorkommen. Ursprünglich im Urgebirge, aber nicht gediegen, sondern an Sauerstoff gebunden als Phosphorsäure, die mit Calciumoxyd den phosphorsauren Kalk bildet. Durch Verwitterung jener Gebirgsmassen und Ueberschwemmungen gelangte der phosphorsaure Kalk in die Ebene, wo er einen Bestandtheil der Ackererde ausmacht. Von hier geht er in die Pflanzen über und indem die Thiere die Pflanzen genießen, auch ins Thierreich. Im Körper der Thiere hat der phosphorsaure Kalk eine wesentliche Bedeutung, indem er vornehmlich neben kohlensaurem Kalk und Bittererde das Knochengerüste zusammensetzt.

Darstellung. Man benutzt dazu am vortheilhaftesten die Knochen. Die Knochen werden zuerst geglüht, um die organischen oder fleischigen Theile (namentlich Knochenleim) zu zerstören, und dann in Gefässe gebracht und mit verdünnter Schwefelsäure übergossen. Diese, als stärkere Säure, verbindet sich mit dem Calciumoxyd (Kalkerde) und scheidet die Phosphorsäure ab. Die schwefelsaure Kalkerde oder der Gyps senkt sich zu Boden und oben schwimmt die Lösung von Phosphorsäure in Wasser. Sie

wird abgenommen und zur Entfernung des Wassers bis zur Trockniß abgedampft, wobei die Phosphorsäure mit noch etwas Kalk zurückbleibt. Der Rückstand wird nun mit Kohle innig gemischt und in Retorten mit Vorlagen erhitzt. Die Kohle entzieht in hoher Temperatur der Phosphorsäure den Sauerstoff, der Phosphor wird frei und geht in Gasform in die Vorlage über, wo er in der Kälte zuerst flüssig und dann fest wird. Durch Hineinbringen in heißes Wasser wird er nochmals geschmolzen und in Röhrchen gegossen, nach dem Erstarren herausgenommen und kommt in Stängelchen in den Handel.

Eigenschaften. Der Phosphor ist ursprünglich farblos, wird aber bald gelblich und ist weich wie Wachs, so daß er sich mit dem Messer leicht schneiden läßt. In niederer Temperatur wird er spröde, schmilzt bei 44 °, also schon im heißen Wasser, und verwandelt sich in farblosen Dampf bei 290 °. Er riecht knoblauchartig und leuchtet im Dunkeln, indem er sich mit dem Sauerstoff der Luft verbindet und zu phosphoriger Säure ($PO_3$) verbrennt. Der Phosphor ist wie der Schwefel in Wasser nicht löslich, kann aber auch in Schwefelkohlenstoff und andern Flüssigkeiten, z. B. in fetten Oelen, gelöst werden. Nach dem Verdunsten derselben krystallisirt er in Octaedern oder Rhombendodekaedern heraus. Wegen seiner leichten Entzündlichkeit muß er unter Wasser aufbewahrt werden.

Hält man den gewöhnlichen Phosphor längere Zeit auf einer Temperatur von 250 °, ohne daß Luft hinzutreten kann, wobei er zu Phosphorsäure verbrennen würde, so geht er in eine andere Gestalt über. Er wird in ein rothbraunes Pulver, in amorphen Phosphor, verwandelt. Als solcher leuchtet er nicht mehr und entzündet sich erst bei 260 °, auch ist er nicht mehr in den oben angegebenen Flüssigkeiten löslich. Hätte er nicht mehr den charakteristischen Knoblauchgeruch, so würde man nicht mehr glauben Phosphor vor sich zu haben. Auch der Phosphor kann also in zwei verschiedenen Zuständen auftreten.

Der Phosphor ist ein furchtbares Gift. Die beim Verbrennen desselben erzeugten Brandwunden sind schmerzhafter, als die von gewöhnlichem Feuer hervorgebrachten; namentlich hat man sich zu hüten, daß er nicht in offene Wunden kömmt. Nur

wenig Phosphor bewirkt beim Einnehmen den Tod. (Ratten- und Mäusegift.)

Anwendung. Er wird gegenwärtig hauptsächlich zur Darstellung von Zündhölzchen verwendet. Die Zündmasse besteht aus Schwefel, Phosphor und einem Oxyd, das leicht Sauerstoff abgiebt. Durch Reibung wird der Phosphor zuerst entzündet, die Entzündung theilt sich darauf dem Schwefel und zuletzt dem Holze mit; die Oxyde liefern dabei einen Theil des zum Brennen nöthigen Sauerstoffes.

## Kiesel. (Silicium.)

Aequivalent = 22.

Vorkommen. Kömmt nächst dem Sauerstoff in größter Menge in den Gebirgen vor, jedoch nicht im freien Zustande, sondern gebunden an Sauerstoff als Kieselsäure (Bergkrystall, Quarz, Sand). Die Kieselsäure wiederum finden wir an Basen gebunden in den kieselsauren Salzen (Silicaten). Das wichtigste kieselsaure Salz ist der Feldspath, (eine Doppelverbindung von kieselsaurem Kali mit kieselsaurer Thonerde von der Formel $KO,SiO_3+Al_2O_3,3SiO_3$,) insofern derselbe ein Hauptbestandtheil des Urgebirges, z. B. des Granites, ausmacht. Der Granit besteht aus Feldspath, Quarz und Glimmer. Der Glimmer hat eine ähnliche Zusammensetzung wie der Feldspath.

Die Kieselsäure, welche in der Urzeit durch Verwitterung des Feldspathes und den Einfluß des Wassers in die Thäler gelangte, bildet heute ein Bestandtheil der Ackererde und geht von hier in die Pflanzen über. Auch im Thierreich ist sie z. B. in den Federn der Vögel aufgefunden worden.

Darstellung. Schon beim Wasserstoff ist gezeigt worden, daß das Wasser dadurch in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werden kann, wenn man das Metall Kalium damit in Berührung bringt. Auf ähnliche Weise kann man aus Chlorkiesel metallischen Kiesel erhalten, wenn damit Kalium oder Natrium erhitzt werden:

$$SiCl_3+3K = Si+3KCl.$$

Das Kalium hat mehr Verwandtschaft zum Chlor als der Kiesel und so geht das Chlor an das Kalium über. Noch auf

eine andere Weise läßt sich Kiesel erhalten, indem man Kieselfluorkalium und Kalium zusammenschmilzt:

$$3KF_3+2SiF_3+3K =$$
$$6KF+2Si.$$

Eigenschaften. Der auf ersterem Wege dargestellte Kiesel bildet ein unkrystallinisches Pulver von brauner Farbe, das in Wasser und Säuren, mit Ausnahme der Flußsäure (Fluorwasserstoffsäure), unlöslich ist. — Der aus Fluorkieselkalium erhaltene Kiesel hat andere Eigenschaften. Er kristallisirt in Octaedern, ist grauschwarz, glänzend und hat eine Härte, die derjenigen des Diamanten nahe kömmt. Die erste Modification des Kiesels verbrennt, erhitzt, zu Kieselsäure; die letzte krystallinische Form ist auch in sehr hoher Temperatur unveränderlich.

Allotropie. Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor und Silicium können, wie gezeigt wurde, äußerlich in verschiedener Gestalt erscheinen. Dieses wird in der Chemie mit der Benennung „allotropische Zustände" bezeichnet (allotropisch = andersgestaltet). Der Kohlenstoff z. B. tritt in drei, der Kiesel in zwei allotropischen Zuständen auf. Auch diese Erscheinung, da ja trotz der verschiedenen Form, die Grundsubstanz dieselbe ist, sucht man sich durch die Annahme von Atomen zu erklären. Daß Diamant, Graphit und gewöhnliche Kohle so verschieden sind, hat nicht im Kohlenstoff als solchem seinen Grund, denn dieser ist in allen drei Körpern derselbe, sondern in der Anlagerung und Ordnung der Atome oder kleinsten Theilchen desselben: Während sie in der gewöhnlichen Kohle regellos durcheinander liegen, sind sie im Diamant und Graphit geordnet und zwar zu Octaedern oder Tafeln. Die Verschiedenheit in Glanz, Härte 2c. wird ebenfalls auf die verschiedene Lagerung der Atome zurückbezogen.

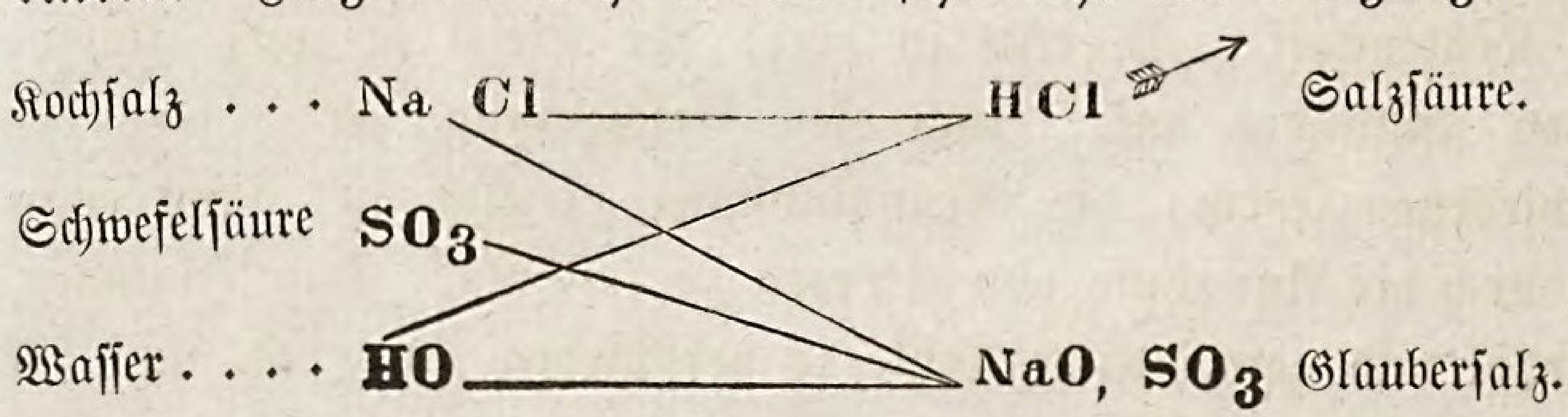
## Chlor. (Cloros.)

Aequivalent = 35,5.

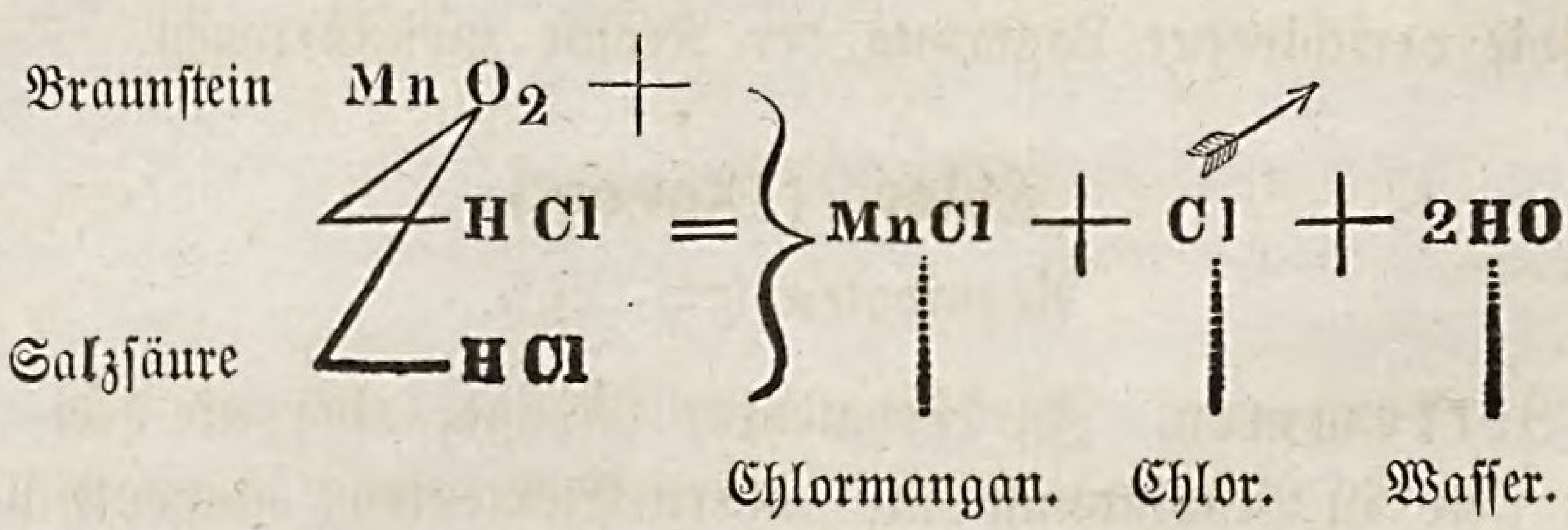
Vorkommen. In bedeutender Menge, aber nie frei, sondern stets in Verbindung mit andern Elementen, namentlich mit dem Metall Natrium im Kochsalz. Ein Centner Kochsalz besteht aus 60⅓ ℔ Chlor und 39⅔ ℔ Natrium. Es kömmt theils in der Erde vor, theils ist es im Meerwasser enthalten,

woher der unangenehme, salzige Geschmack des Letztern vornehmlich herrührt. Auch in der Ackererde finden sich Chlorverbindungen, von da gelangt dasselbe in die Pflanzen und wird in der Asche derselben gefunden, auch ist es ein Bestandtheil des thierischen Körpers.

Darstellung. Das Chlor entsteht, wenn man Braunstein (Manganüberoxyd) mit Salzsäure zusammen erwärmt. Die Salzsäure, ein farbloses, erstickend riechendes Gas, wird beim Uebergießen von Kochsalz mit Schwefelsäure entwickelt. Die Schwefelsäure hat hiebei das Bestreben, sich mit einer Basis zu verbinden und so wird das basische Wasser derselben zersetzt, der Sauerstoff des Wassers geht zum Metall Natrium und bildet die Basis Natriumoxyd, womit dann Schwefelsäure zusammentritt und schwefelsaures Natron (Glaubersalz) bildet, während im Augenblick des Freiwerdens Chlor und der Wasserstoff des Wassers sich mit einander zu Chlorwasserstoff oder Salzsäure verbinden. Folgendes Schema veranschaulicht den Vorgang:




Bringt man jetzt Salzsäure im Wasser gelöst mit Braunstein in Berührung und erwärmt, so vereinigt sich der Sauerstoff des Manganüberoxydes mit dem Wasserstoff der Salzsäure zu Wasser, ein Theil Chlor wird frei, der andere verbindet sich mit dem Metall Mangan.




Eigenschaften. Chlor ist ein grünlichgelbes Gas von ganz eigenthümlichem Geruch. Mit Luft vermischt, bewirkt es beim Einathmen Husten, der bis zum Blutspeien sich steigern kann.

Ganz rein eingeathmet, wirkt es auf der Stelle tödtlich. Man muß deßhalb vorsichtig mit demselben umgehen. Sein specifisches Gewicht ist = 2,44. Das Chlor ist nicht wie Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff ein permanentes Gas: Wenn es bis zu $1/4$ oder $1/5$ seines ursprünglichen Volumens zusammengedrückt wird, so verwandelt es sich in eine grünlichgelbe Flüssigkeit, die im Wasser untersinkt. Viele Metalle im pulverisirten Zustande in Chlorgas gestreut, entzünden sich und verbrennen zu Chlorverbindungen. Die Verbrennung der Körper ist deßhalb nicht einzig im Sauerstoffgas, sondern auch im Chlorgas möglich. Das Chlor zeichnet sich nebstdem durch seine Verwandtschaft zum Wasserstoff aus. Bringt man gefärbte Stoffe, z. B. Blumenblätter, in Chlorgas, so werden sie nach kurzer Zeit vollständig entfärbt, was hauptsächlich darauf beruht, daß das Chlor sich mit dem Wasserstoff des Farbstoffes verbindet und ihn so zersetzt. Ebenso wirkt es zerstörend auf üble Gerüche in Krankenzimmern. Mischt man in einem Glasgefässe ein Volum Chlorgas und ein Volum Wasserstoffgas zusammen und läßt dann einen Sonnenstrahl darauf fallen, so vereinigen sich die Gase augenblicklich unter starkem Knall zu Chlorwasserstoff oder Salzsäure. — Vom Wasser wird das Chlorgas aufgenommen und es entsteht das Chlorwasser, das denselben unangenehmen und schädlichen Geruch wie das Gas besitzt.

Haloidsalze. Die Verbindungen, welche bei der Vereinigung eines Metalles mit Chlor entstehen, bilden eine eigene Gruppe von Körpern. Sie schmecken in der Regel weder sauer noch basich, sondern salzig wie die Sauerstoffsalze; sie bilden eine besondere Klasse von Salzen, die man Haloidsalze nennt. In der That ist das Vorbild (Typus) der Salze das Kochsalz, (Chlornatrium) NaCl, kein Sauerstoff=, sondern ein Haloidsalz.

Die Salzsäure (Chlorwasserstoff). Wie bereits bemerkt, hat das Chlor großes Vereinigungsbestreben mit Wasserstoff und die Verbindung bildet sich, wie bei der Darstellung des Chlors dargethan wurde, am einfachsten, wenn man Kochsalz und Schwefelsäure zusammen bringt.

Eigenschaften. Die Salzsäure ist ein farbloses, erstickend riechendes, an der Luft rauchendes Gas. Wie schon im Namen liegt, bildet diese Verbindung eine Säure, obgleich sie keinen Sauerstoff enthält, sondern nur aus Wasserstoffgas und Chlorgas besteht. Wie also das Chlorgas bei seiner Verbindung mit Metallen Haloidsalze hervorbringt, so ist seine Verbindung mit Wasserstoff eine eigenthümliche Säure, die Chlorwasserstoffsäure, im gewöhnlichen Leben Salzsäure genannt, weil sie im Großen aus dem Kochsalze gewonnen wird. Sie hat ein spec. Gewicht von 1,24. Durch einen sehr starken Druck, indem man sie auf $1/_{40}$ ihres ursprünglichen Volumens zusammenpreßt, geht sie in eine farblose Flüssigkeit über. Sie ist nicht brennbar und unterhält auch die Verbrennung der Körper nicht.

Wäßrige Salzsäure (Salzsäure des Handels). Das Salzsäuregas wird vom Wasser begierig und unter Erwärmung aufgenommen. Ein Cubicfuß Wasser kann 500 Cubicfuß Chlorwasserstoffgas absorbiren, und dieses vom Wasser aufgenommene Gas ist die Salzsäure, wie sie im Handel vorkömmt. Die Salzsäure bildet so eine farblose Flüssigkeit, meistens aber ist sie in Folge von hineingefallenen organischen Materien (Staub) gelblich gefärbt. Sie raucht an der Luft, indem etwas Gas abdunstet und hat darum auch einen erstickenden Geruch. Die wäßrige Salzsäure ist schwerer als das Wasser. Die Säure, die ein specifisches Gewicht von 1,21 hat, enthält 42,43 Procente Chlorwasserstoffsäuregas.

Die wäßrige Salzsäure verhält sich gegen Metalle und Metalloxyde ganz gleich wie Salzsäuregas. Kömmt Salzsäure mit einem Metalloxyde zusammen, so entsteht Wasser und ein Haloidsalz, oder überhaupt eine Chlorverbindung:

$$NaO + HCl = NaCl \text{ (Kochsalz) } + HO.$$

Wird dagegen ein Metall mit Salzsäure übergossen, so entwickelt sich entweder schon in der Kälte oder beim Erhitzen Wasserstoffgas und es bleibt die Chlorverbindung des Metalles zurück:

$$Zn + HCl = ZnCl + H$$

Man kann somit die Salzsäure auch zur Darstellung des Wasserstoffgases verwenden.

## Kalium.

Aequivalent = 39,2.

Vorkommen. Es kömmt nicht gediegen vor; seine Verbindungen gelangten hauptsächlich durch die Verwitterung des Urgebirges (Granit, Syenit, Geneis 2c.) und Ueberschwemmungen in die Tiefe, und wurden so ein Bestandtheil der Ackererde. Wie angegeben wurde, ist kieselsaures Kali besonders im Feldspath enthalten. Das kieselsaure Kali wird in der Ackererde von den Pflanzen aufgenommen und man findet nach der Verbrennung der Pflanzen in der Asche neben andern Körpern kohlensaures Kali oder Potasche. Auch im Thierreich werden Kaliumverbindungen aufgefunden.

Darstellung. Das metallische Kalium wird durch sehr heftiges Glühen von kohlensaurem Kali mit Kohle erhalten. Die Kohle, welche bei gewöhnlicher Temperatur nur höchst wenig Verwandtschaft zu Sauerstoff zeigt, ist bei sehr hoher Wärme vermögend, selbst dem Kaliumoxyd den Sauerstoff zu entziehen und das Metall frei zu machen.

$$\underbrace{KO,CO2 + 2C}_{\text{Potasche Kohle}} = \underbrace{3CO}_{\text{Kohlenoxydgas}} + \underbrace{K}_{\text{Kalium.}}$$

Eigenschaften. Das Kalium ist ein sehr merkwürdiges Metall. Es ist bei gewöhnlicher Temperatur weich wie Wachs. Auf der frischen Schnittfläche silberweiß und stark glänzend, überzieht sich aber augenblicklich bei der Berührung mit der Luft mit einer grauen Oxydschicht und wird matt. Das Kalium hat ein specifisches Gewicht von 0,86, ist also leichter als Wasser und schwimmt auf demselben. Bei 55° ist sein Schmelzpunkt. Wirft man Kalium auf Wasser, so entsteht sogleich eine Feuererscheinung. Der Vorgang ist folgender: Kalium hat so großes Vereinigungsbestreben mit Sauerstoff, daß es das Wasser zersetzt und sich mit dem Sauerstoff desselben vereinigt; hiebei wird so viel Wärme erzeugt, daß sich der frei gewordene Wasserstoff entzündet und mit Flamme wieder zu Wasser verbrennt. Das Kaliumoxyd färbt die Flamme des Wasserstoffs violet. Kalium darf aus diesem Grunde nicht in mit Luft angefüllten Gefäßen

aufbewahrt werden, sondern unter Steinöl, welches keinen Sauerstoff enthält, und nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzt ist.

## Natrium.

Aequivalent = 23.

Vorkommen. Im Kochsalze. In 100 Theilen sind 39²/₃ Natrium enthalten (siehe oben Chlor.) Das Chlornatrium ist auch Bestandtheil des Meerwassers, von da geht es in die Meerespflanzen über, so daß, wenn dieselben verbrannt werden, man in der Asche derselben ebenso Soda (kohlensaures Natron) findet, wie in der Asche der Landpflanzen Potasche.

Kohlensaures Natron wittert an einigen Stellen aus der Erde aus. Salpetersaures Natron oder Chilisalpeter bildet an den Grenzen von Peru und Chili ganze Lager unter der Erde. Im thierischen Körper findet man Natriumsalze in größerer Menge als Kalisalze; dagegen ist es nur in sehr untergeordneter Menge in den Landpflanzen enthalten.

Darstellung. Durch Glühen von Soda mit Kohle.

Eigenschaften. Das Natrium ist dem Kalium sehr ähnlich. Es ist wie jenes ein silberglänzendes, weißes Metall. Mit dem Messer leicht schneidbar. Oxydirt sich bei der Berührung mit der Luft rasch. Es hat ein etwas höheres spec. Gewicht als Kalium = 0,97, besitzt dagegen ein etwas geringeres Vereinigungsbestreben zu Sauerstoff und den andern Elementen. Es schmilzt erst bei 90°. Auf kaltes Wasser geworfen, zersetzt es dasselbe mit großer Energie, jedoch tritt keine Entzündung des Wasserstoffes ein; wird das Wasser voraus erwärmt, so entzündet sich der Wasserstoff ebenfalls. Das Natrium wird unter einer Schicht von Steinöl aufbewahrt.

## Calcium.

Aequivalent = 20.

Vorkommen. In außerordentlich großer Menge. 1. Als kohlensaurer Kalk, ganze Gebirge bildend (Jura). 2. Als schwefelsaure Kalkerde (Gyps). 3. An Phosphorsäure gebunden

als phosphorsaurer Kalk. Die Verbindungen der Kalkerde bilden fast überall einen Hauptheil der Ackererde. Der Kalk tritt von da in die Pflanze ein und wird fast in allen Pflanzenaschen gefunden. Im Thierreich bildet er das Knochengerüst. Die Knochen der Wirbelthiere bestehen nämlich der Hauptsache nach aus phosphorsaurem und kohlensaurem Kalk, neben Bittererde und leimgebenden Substanzen (Knochenleim). Auch die häufig so schön geformten Muschelschaalen bestehen großentheils aus kohlensaurem Kalk. Calcium ist daher beim Aufbau der Pflanzen und Thiere eines der wichtigsten Elemente.

Darstellung. Wir haben oben gesehen, wie durch die Einwirkung des galvanischen oder electrischen Stromes Wasser in seine Bestandtheile Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt wird. Auf dieselbe Weise wirkt der Strom überhaupt auf die meisten chemischen Verbindungen. Leitet man durch geschmolzenes Chlorcalcium CaCl (es entsteht beim Auflösen von gewöhnlichem Kalk oder Marmor in Salzsäure) den galvanischen Strom, so scheidet sich das Calcium am negativen, das Chlor am positiven Ende der Kette aus.

Eigenschaften. Calcium hat eine gelbliche Farbe und ein specifisches Gewicht von 1,57. Es ist zähe, so daß es in dünne Platten ausgehämmert werden kann. In der trockenen Luft verwandelt es sich langsam, in feuchter rasch in Calciumoxyhydrat (Aetzkalk). Wird es auf Wasser geworfen, so zersetzt es dasselbe, aber ohne daß dabei der Wasserstoff entzündet wird.

## Magnesium.

Aequivalent = 12.

Vorkommen. Man findet das Magnesium nicht in so großer Menge als das Calcium. 1. Als schwefelsaure Magnesia (Magnesiumoxyd), Bittersalz, in vielen Mineralwassern und auch im Meerwasser. 2. Als kohlensaure Magnesia. Eine Mischung von kohlensaurer Magnesia mit kohlensaurem Kalk bildet den hie und da in Gebirgen auftretenden Dolomit. Fast in allen Kalksteinen (kohlensaurem Kalk) sind größere oder geringere Mengen Magnesia oder Bittererde enthalten. So ist in der kalkhaltigen

Ackererde auch Magnesium, das nicht in unbedeutender Menge in die Pflanzen eingeht.

Eigenschaften. Ist weiß, glänzend und dehnbar; hat ein specifisches Gewicht von 1,75. Beim Glühen an der Luft verbrennt es mit blendendem Glanze zu einem weißen Pulver, dem Magnesiumoxyd. Wasser wird von Magnesium nur langsam zersetzt; auch bleibt es an trockener Luft unveränderlich. Es hat bei gewöhnlicher Temperatur nicht mehr so viel Verwandtschaft zu Sauerstoff, wie die vorigen Metalle.

Darstellung wie bei Calcium.

## Aluminium.

Aequivalent 13,5.

Vorkommen. Aluminium, das im Thone enthaltene Metall, ist sehr verbreitet. Wie schon mehrmals bemerkt (Kieselsäure und Kalium), entstand der Thon und entsteht noch heut zu Tage, besonders durch Verwitterung des Feldspathes. Aluminium ist in ausserordentlich großer Menge vorhanden und somit auch ein Hauptbestandtheil der uns bekannten Erdrinde. Trotz dem geht es nur in wenig Pflanzen ein, hat dagegen in der Ackererde als Thon dennoch eine große Bedeutung, wie wir später sehen werden. Im Thierreich findet man Aluminium oder Verbindungen desselben nicht.

Darstellung. Durch Erhitzen von Chloraluminium mit Kalium oder Natrium. Das Chlor verbindet sich dabei mit dem Kalium zu dem Haloidsalz Chlorkalium, und Aluminium wird frei.

$$Al_2Cl_3 + 3K = 3KaCl + 2Al.$$

Eigenschaften. Es ist weiß, glänzend und geschmeidig, so daß es verarbeitet werden kann. Man macht gegenwärtig manigfaltige Gegenstände aus Aluminium. An der Luft verändert es sich nicht, auch beim Erhitzen bleibt es beständig. Dieses in der Technik angewendete Metall ist namentlich auch durch sein geringes specifisches Gewicht ausgezeichnet. Es ist bloß 2,67 mal schwerer als Wasser. Leider steht der große Preis dieses Metalles heute noch seiner allgemeinen Anwendung entgegen.

## Eisen (Ferrum.)

Aequivalent = 28.

Vorkommen. Gediegenes Eisen kommt nur in den Meteorsteinen vor. Das auf der Erde vorkommende Eisen ist meistens in Verbindung mit Sauerstoff oder Schwefel. Die wichtigsten Sauerstoffverbindungen des Eisens sind: 1) Eisenglanz, reines Eisenoxyd $Fe_2O_3$, besonders schön gefunden wird er auf Elba. 2) Der fasrige Rotheisenstein, ebenfalls Eisenoxyd, aber nicht krystallisirt, sondern rothbraune faserige, schwere Massen bildend. 3) Der Magneteisenstein, besteht aus einer Verbindung von Eisenoxydul mit Oxyd $FeO + Fe_2O_3$, ist schwarz und glänzend. Das vornehmste Eisenerz Schwedens und Norwegens. 4) Das Bohnerz, auch bei uns vorkommend, ist eine Verbindung von Eisenoxyd mit Wasser oder Eisenoxydhydrat $Fe_2O_3HO$.

Mit Schwefel bildet das Eisen das in messinggelben Würfeln krystallisirende Eisenkies (Katzengold). In der Asche vieler Pflanzen ist Eisen, wenn auch nur in untergeordneter Menge enthalten; im thierischen Körper finden wir es im Blute. Es ist der Grund der rothen Farbe desselben.

Das Eisen ist vermöge seiner vortrefflichen Eigenschaften das wichtigste Metall für die menschliche Industrie geworden. Die Darstellung desselben ist daher auch in ungeheurem Maßstabe seit 100 Jahren gestiegen.

Wenn daher auch das Eisen nicht besonders große Bedeutung für die Pflanzen hat, so ist es um so wichtiger für die industriellen Bedürfnisse und namentlich auch für den Betrieb der Landwirthschaft, so daß wir es auch hier verhältnißmäßig ausführlicher zu behandeln haben.

Darstellung. Der Hochofenprozeß hat nicht nur den Zweck, durch Glühen mit Kohle die Eisenoxyde zu reduciren, d. h. ihnen den Sauerstoff zu entziehen, sondern auch die Abscheidung der Gangmasse (der das Erz begleitenden Gesteine) zu bewirken. Die Eisenerze werden zuerst zerkleinert (gepocht) und dann geröstet, um Wasser, Kohlensäure und Schwefel &c. zu entfernen. Ist nun die Gangmasse vornehmlich kohlensaurer Kalk, so setzt

man Quarz (Kieselsäure) hinzu; besteht sie vorwaltend aus Quarz (oder Bergkrystall), so wird Kalk dazu gebracht. Man beabsichtigt hiedurch schmelzbare kieselsaure Kalkerde zu bilden; ein Theil der Kieselsäure verbindet sich auch mit Eisenoxyd, womit noch Thon zusammentritt, der in der Regel auch mit dem Erz herausgebracht wird, so daß die bei der Darstellung des Eisens entstehende Schlacke wesentlich aus einem dreifachen Silicat von kieselsaurem Kalk, Thonerde und Eisenoxyd besteht. Es sind dieses Salze und als solche leichter schmelzbar. Das Erz mit dem Zusatz (die Beschickung) kömmt hierauf in den Hochofen und zwar so, daß Schichten von Erz mit Schichten von Kohle abwechseln. Die Kohlen werden angezündet und durch Gebläse in äußerst starker Gluth erhalten. Die glühende Kohle verbindet sich mit dem Sauerstoff der Eisenerze und zu gleicher Zeit wird auch das Eisen geschmolzen und sammelt sich, von der leichtern Schlacke bedeckt, am Boden des Ofens an. Von da wird es von Zeit zu Zeit in außerhalb dem Ofen befindliche Kanäle abfließen gelassen, wo es erstarrt. Man erhält so die Gänsen oder Flossen von Roheisen.

## Das Roheisen.

Das Roheisen ist nicht rein, sondern enthält noch eine Menge anderer Körper, namentlich Kohle, Schwefel, Phosphor, Kiesel und Arsenik. Der Kohlenstoff kann 5—6 % betragen. Das Roheisen ist spröde, nicht schmied- und schweißbar; dagegen ist es leichter schmelzbar als Stabeisen und Stahl. Man kann es aus diesem Grunde nur zu Gußwaaren verwenden (Thürpfosten, Gartengeländer u. s. w.). Der größte Theil des Roheisens aber wird zur Fabrikation von zwei andern Eisensorten, Stabeisen und Stahl, benützt.

## Stabeisen.

Eisenfrischprozeß. Die Bedeutung des Eisenfrischprozesses veranschaulicht man sich am besten, wenn man Roheisen in einem Tigel schmilzt, dazu Eisenoxyd setzt und umrührt. Der Sauerstoff des Eisenoxydes oxydirt hiebei die obgenannten fremden Beimengungen des Eisens, die theilweis wie Kohlenstoff gasförmig

weggehen, theilweis eine neue Schlacke, die Frischschlacke bilden. Der Frischprozeß im Großen unterscheidet sich nur dadurch von dem angeführten Beispiel, daß die Schmelzung des Roheisens, die Erzeugung von Eisenoxyd und die Oxydation der fremden Beimengungen in ein- und derselben Operation vorgenommen werden. Das Roheisen wird auf Heerden mit vertiefter Soole geschmolzen und hernach vermittelst Gebläse atmosphärische Luft darüber geleitet, wobei sich an der Oberfläche eine Schicht Eisenoxyd bildet, das in der ganzen Masse des Roheisens herumgearbeitet wird. Gegen Ende des Prozesses wird das geschmolzene teigartige Eisen in Klumpen abgetheilt, unter Hämmer gebracht und zu Stäben (Stabeisen) ausgehämmert.

Eigenschaften des Stabeisens. Das Stabeisen enthält noch im Durchschnitt $1/2$ % Kohlenstoff und nur Spuren von Schwefel, Phosphor, Kiesel ꝛc. Je weniger Phosphor und Schwefel darin enthalten sind, um so besser ist es, da die beiden Stoffe dasselbe brüchig machen. Es ist graulich weiß und hat einen hackigen Bruch. Es ist außerordentlich zähe und geschmeidig, so daß man es in Drähte ausziehen und in Bleche auswalzen kann. In der Weißglühhitze wird es weich, so daß, wenn man zwei Stücke auf einander legt und hämmert, sie vollkommen zusammen haften, was man mit Schweißen bezeichnet. Vom Stahl unterscheidet sich das Stabeisen hauptsächlich dadurch, daß es sich nicht härten läßt.

### Der Stahl.

Der Stahl enthält bis gegen 1,8 % Kohlenstoff; er steht also in Betreff des Kohlenstoffgehaltes in der Mitte zwischen Roheisen und Stabeisen, und daraus ergiebt sich die Art und Weise, wie er darzustellen ist. Man entzieht direkt dem Roheisen Kohlenstoff, aber nicht so viel, wie bei der Fabrication des Stabeisens, oder es wird dem Stabeisen neuerdings Kohlenstoff zugesetzt. Im letztern Falle werden aus Stabeisen Bündel gebildet, mit Kohle überstreut und in thönernen Gehäusen erhitzt. Die Stäbe sintern zusammen und nehmen zu gleicher Zeit Kohle auf; um den Kohlenstoff gleichmäßig zu vertheilen, werden die Stäbe noch manigfach umgearbeitet oder zusammengeschmolzen. (Gußstahl.)

Eigenschaften. Der Stahl hat eine hellgraue Farbe und ist auf dem Bruche feinkörnig, wodurch er leicht vom Stabeisen zu unterscheiden ist. Er ist schmied- und schweißbar wie das Stabeisen, dagegen leichter zu schmelzen. Wird Stahl glühend gemacht und dann rasch abgekühlt, indem man ihn in kaltes Wasser taucht, so wird er äußerst hart und spröde (Härten des Stahles). Durch abermaliges Erhitzen wird ihm wieder theilweise die Härte genommen; man hat es also in seiner Gewalt, dem Stahl die gerade zweckmäßige Härte zu geben. Der Stahl läuft beim Erhitzen mit verschiedenen Farben an, je nach der Temperatur. Bei 230° wird er strohgelb, bei 255° braun, bei 275° purpurfarben, bei 315° dunkelblau. Bei vielen Instrumenten ist nicht bloß harter, sondern auch zäher Stahl nothwendig, z. B. bei den Schneidinstrumenten; der sehr harte Stahl ist zu gleicher Zeit auch spröde, und um die Sprödigkeit zu nehmen, genügt das Erhitzen bis auf einen gewissen Punkt, was von den Arbeitern äußerlich an den Farben beurtheilt wird.

Das Eisen bleibt an der Luft nicht unverändert, sondern vereinigt sich nach und nach mit dem Sauerstoff der Luft und geht in Eisenoxyd über. Dieses Letztere zieht Wasser an und so entsteht Eisenoxydhydrat oder Eisenrost. Um das Eisen vor der raschen Vereinigung mit Sauerstoff zu schützen, überzieht man es mit einem andern Metall, das weniger Verwandtschaft zu Sauerstoff hat, z. B. mit Zinn; oder auch man bedeckt die eisernen Gegenstände mit einem Anstrich.

---

## Die Verbindungen der Elemente, welche als Nahrungsmittel der Pflanzen auftreten. — Entstehung der Ackererde.

Eine Reihe von Thatsachen weist darauf hin (Ausbrüche der Vulkane, heiße Quellen, zunehmende Temperatur mit dem Eindringen nach dem Erdmittelpunkt), daß noch heute das Innere der Erde im feurigflüssigen Zustande sich befinden müsse. Im Urzustande unseres Planeten war die Hitze noch höher, die Erde hat sich nach und nach abgekühlt. Wir wissen, daß die Wärme die Verbindung der Elemente bis zu einem gewissen Punkte befördert, zuletzt aber auch ihre Trennung bewirkt. So ist es wahrscheinlich, daß einst die 62 Elementarstoffe, worunter auch die oben angeführten, zusammenhangslos, als Dunst (Chaos) im Weltraume schwebten. Mit der Abkühlung erwachte die chemische Verwandtschaft, die Elemente traten zu flüssigen, festen und gasförmigen Verbindungen zusammen: die Materie ballte sich. Der Sauerstoff verband sich mit den Metallen zu Oxyden und diese mit Säuren, namentlich der in so enormer Menge verbreiteten Kiesel- und Kohlensäure. Auf diese Weise entstanden die Urgebirgsmassen: Granit, Gneis, Porphyr, Trachyte, die manigfaltigen Thonschiefer, — Gebirgsarten, die unverkennbare Spuren haben, daß sie einst feurigflüssig gewesen waren. Das Wasser, welches heutzutage die Oceane, Bäche, Flüsse und Ströme bildet, schlug sich erst später in tropfbar flüssiger Form auf die erkaltete und erstarrte Erdrinde nieder und drang ohne Zweifel vielfach in die durch die Erkaltung gebildeten Risse derselben ein. Kam es dort mit den noch glühenden Massen zusammen, so verwandelte es sich in Dampf und vermochte jetzt, mit unwiderstehlicher Kraft begabt, die Erdrinde aufzutreiben, kolossale Gebirge zu heben. Ohne Zweifel scheint es, daß das Wasser bei der Hebung der Gebirge eine Rolle gespielt hat. Das Wasser, diese einfache aber allgegenwärtige Verbindung der Elemente Wasserstoff und Sauerstoff, ist dadurch der wichtigste aller Körper geworden, daß es die Entstehung des Pflanzenreiches einleitete und dasselbe noch

heute erhält. Auf dem nackten, festen Fels kann keine Pflanze Wurzel fassen. Sie bedarf der Anhaftung im Boden und der Berührung mit der Luft; aus diesen bezieht sie das ihr nöthige Licht, die Wärme und die Nahrung.

## Lockerung und Löslichmachung.

Das Wasser hat die merkwürdige Eigenschaft, im festen Zustande ein geringeres specifisches Gewicht zu besitzen als im flüssigen Zustand, d. h., es nimmt als Eis ein größeres Volumen ein, als wenn es flüssig ist. Indem nun dasselbe auf die Gesteine auffällt, wird es von denselben eingesogen; gefriert es nun im Winter, so dehnt es sich mit unwiderstehlicher Gewalt aus, so daß die härtesten Gesteine an der Oberfläche zersprengt und zerbröckelt werden. An jedem Steine, der während des Winters im Freien liegt, zeigt sich diese Erscheinung. Durch Ueberfluthungen, welche lange vor dem Auftreten des Menschengeschlechtes in viel größerm Maßstabe als heute stattfanden, wurden die Verwitterungsmassen von ihrer Entstehungsstätte weg nach den Tiefen geschwemmt. So entstand der lockere Boden der Thäler oder die Ackerkrume. Noch aber ist in diesem Zustande die Ackererde unvermögend, das Leben der Pflanzen zu erhalten; denn wegen der feinen Poren, welche die Letztern haben, kann ein Stoff nur dann in dieselben eindringen, wenn er im Wasser gelöst ist. Das Wasser hat aber auch nicht bloß die oben beschriebene mechanische, sondern auch eine chemische Wirkung. Alles Quell- und Brunnwasser enthält mehr oder weniger Kohlensäure und Chlorverbindungen der Alkalien. Die Kohlensäure nun, trotz dem, daß sie eine der schwächsten Säuren ist, vermag bei lang andaurender Berührung mit feldspathhaltigen Gesteinen und Silicaten (kieselsauren Verbindungen) überhaupt, die Kieselsäure abzuscheiden. Es bilden sich hiedurch lösliches kohlensaures Kali und Natron (Soda und Potasche), theils lösliche abgeschiedene Kieselsäure und Thon; der Kalk selbst wird durch Zutritt von Kohlensäure in lösliche doppelt kohlensaure Kalkerde verwandelt und die phosphorsaure Kalkerde, welche obige Gesteine stets begleitet, wird durch den Gehalt des Wassers an Alkalien löslich.

Hieraus ergiebt sich, wie die Hauptbestandtheile einer jeden fruchtbaren Ackererde: Alkali und phosphorsaurer-kalkhaltiger Thon, Kieselerde und Kalk &c. nicht bloß entstanden sind, sondern auch, wie sie durch die unermüdliche Thätigkeit des Wassers in die Form der Nahrungsmittel übergehen. Natürlich sind hiebei die Kohlensäure der Luft und der Sauerstoff ebenfalls betheiligt. Der letztere wirkt namentlich auf die eisenoxydulhaltigen Felsmassen ein, z. B. auf die an und für sich so compakten Basalte. Er verwandelt das Eisenoxydul, das in hohem Grade Neigung hat Sauerstoff aufzunehmen, in Eisenoxyd. Es zeigt sich dieß auf der Oberfläche durch Ausscheidung eines rothbraunen pulverigen Körpers. Die Gesteine werden dadurch gleichfalls gelockert und der lösenden Kraft des Wassers zugänglich. Außer den anorganischen Bestandtheilen, deren Eintritt in die Pflanzen durch das Wasser vermittelt wird, enthält die Ackererde noch den Humus, d. h. in Verwesung begriffene organische Materien, herrührend theils von Pflanzentheilen, die auf dem Acker cultivirt werden, theils von zugeführtem Dünger. Auch die Humuskörper, da sie im Wasser unlöslich sind, können nicht unmittelbar in die Pflanzen eingehen. Der Sauerstoff wirkt hier vornehmlich vermittelnd: einerseits indem er die organischen Stoffe langsam zu Kohlensäure verbrennt, anderseits dadurch, daß er die Gährung derselben einleitet, wobei Ammoniak entsteht. Beide, Kohlensäure und Ammoniak, sind direkte Nahrungsmittel des Pflanzenreiches.

Nachdem wir so mit wenig Worten, wie es sich für einen Grundriß der Agriculturchemie geziemt, zu zeigen gesucht haben, in welcher Weise und durch welche Mittel sich aus der erkalteten Erdkruste die Ackererde gebildet hat, haben wir diejenigen chemischen Verbindungen der oben angeführten Pflanzenelemente speciell zu beschreiben, die als Nahrungsmittel der Vegetabilien anerkannt sind. Nebstdem sind auch alle die Stoffe zu berücksichtigen, die überhaupt für die Agricultur Bedeutung haben.

## 1. Das Wasser.

Vorkommen. Ist überall auf der Erde verbreitet, in ungeheuren Mengen (Meeren, Bächen und Flüssen) angehäuft, dann

unsichtbar in der Luft aufgelöst oder zu Nebel und Wolken gestaltet, die in Form von Regen, Schnee oder Eis zur Erde niederfallen. Die Erdrinde ist beständig von Wasser durchfeuchtet; in allen Pflanzen und Thieren ist Wasser vorhanden und für ihr Dasein eine nothwendige Bedingung.

Darstellung. Die künstliche Darstellung des Wassers ist schon oben beim Wasserstoff besprochen worden.

Eigenschaften und Zusammensetzung. Das Wasser ist, wie bereits bekannt, eine chemische Verbindung der beiden gasförmigen Elemente Sauerstoff und Wasserstoff, welche sich darin zu einem flüssigen Stoffe verdichtet haben. Sein eigentlicher, rationeller Name ist daher Wasserstoffoxyd. Die Zusammensetzung des Wassers, welches bis zum Jahre 1783 als ein Element betrachtet wurde, wird am klarsten dargelegt, wenn man dasselbe durch den galvanischen Strom zersetzt. Hiebei zeigt sich, daß es aus zwei Volumentheilen Wasserstoff und einem Volumtheil Sauerstoff besteht. Nichts ist leichter, als aus dem Gemisch der beiden Gase wiederum Wasser zu bilden. Mischt man z. B. 2 Cubicfuße Wasserstoff mit 1 Cubicfuß Sauerstoff und zündet das Gemische an, so verbrennt es unter heftigem Knall zu 2 Cubicfußen Wasserdampf, der sich beim Abkühlen rasch zu Wasser condensirt.

Das Wasser ist bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, farblos, geruch- und geschmacklos. Bei 0° wird es fest zu Eis und zeigt dabei krystallinische Form, wie die meisten Körper. Ueber 0° erwärmt, wird es wieder flüssig und geht bei 100° des Celsius'schen Thermometers in ein farbloses Gas, Wasserdampf, über. Der Wasserdampf nimmt ein nahezu 1700 mal so großes Volumen ein, als das Wasser, woraus er entstanden ist. Das Wasser bildet hiebei zwei merkwürdige Ausnahmen von dem Verhalten anderer Körper. Alle Stoffe haben in fester Gestalt ein größeres specifisches Gewicht als im Flüssigen, d. h. sie sind dichter; Wasser nicht. Das Eis hat bloß ein specifisches Gewicht von 0,9 und schwimmt auf dem noch flüssigen Wasser; ferner, anstatt von 0° beim Erwärmen an Umfang zuzunehmen, zieht es sich stets noch weiter zusammen, so zwar, daß bei + 4° Wasser seine größte Dichtigkeit besitzt. — Diese letztere Eigen-

schaft desselben ist von größter Bedeutung im Haushalte der Natur. Wenn die kalte Jahreszeit eintritt, so kühlt sich das Wasser der Seen und Flüsse an der Oberfläche ab, wird specifisch schwerer und sinkt unter, während die untern Schichten nach oben strömen. Das geht so lange fort, bis die ganze Wassermasse die Temperatur von + 4° angenommen hat. Wird das Wasser nun oben noch kälter, so dehnt es sich wieder aus, wird specifisch leichter, als das unter ihm liegende und schützt es vor weiterer Abkühlung. Daraus folgt, daß das Wasser der Seen und Flüsse nie ganz gefrieren kann, und die organischen Wesen darin vor dem Tode geschützt sind. Wie der Siedepunkt der Flüssigkeiten überhaupt vom Luftdruck abhängig ist, so auch der des Wassers. In hoch gelegenen Gegenden, bei vermindertem Drucke der Luft, ist auch der Siedepunkt des Wassers tiefer. Es giebt Orte, wo das Wasser schon zwischen 80 und 90° ins Sieden geräth. Das Wasser kann sich aber nicht bloß dadurch in Dampf verwandeln, indem es bis zum Kochen erhitzt wird; es nimmt schon Gasform an lange vor 100°, ja selbst unter seinem Gefrierpunkt. Dieser freiwillige Uebergang des Wassers in Gasgestalt wird mit Verdunstung bezeichnet. Wasser, das in Gefässen an die Luft hingestellt ist, verschwindet nach kurzer Zeit, es verdunstet. Die sich verflüchtigenden Wasserdämpfe üben hiebei einen gewissen Druck, eine Tension aus. Füllt man eine Gasröhre von 30 Zoll Länge, die am einen Ende zugeschmolzen ist, mit Quecksilber und kehrt sie dann, während das andere Ende mit dem Finger zugehalten wird, um, so fällt, nachdem man den Finger unter Quecksilber entfernt hat, das Quecksilber sogleich um 2 Zoll in der Röhre. Die 28 Zoll hohe Quecksilbersäule, die so viel über die Oberfläche des Quecksilbers im äußern Gefässe hervorragt, wird durch den äußern Luftdruck in der Höhe gehalten, die 2 Zoll über ihr sind luftleer. Läßt man jetzt etwas Wasser hinaufsteigen, so sinkt die Quecksilbersäule augenblicklich, je nach der Temperatur mehr oder weniger, namentlich beim Erwärmen durch eine glühende Kohle. Dieses Niedergehen der Quecksilbersäule rührt nicht vom Gewichte des Wassers her, sondern vom Drucke seines Dampfes, der sich bildet. Gesetzt, es sei hiebei durch das Wasser bei einer Temperatur von 14°

das Quecksilber um 12 Millimeter heruntergedrückt worden, so ist die Tension des Wasserdampfes bei 14° = 12 Millimeter, das heißt, die Spannkraft des Wasserdampfes ist bei dieser Temperatur so groß, daß sie dem Drucke von 12 Millimeter Quecksilber das Gleichgewicht hält.

Die Beziehung zwischen der Temperatur des Wassers und der Tension desselben ist genau ermittelt worden. Wir führen davon nur einige Daten an:

| Temperaturgrade des Wassers. | Druck in Millimetern Quecksilber ausgedrückt. | Druck auf 1 Quadratzoll in Pfunden. |
|---|---|---|
| bei 0° | 5 | 0,101 |
| 10° | 9 | 0,189 |
| 30° | 30 | 0,611 |
| 50° | 89 | 1,76 |
| 70° | 229 | 4,552 |
| 80° | 352 | 6,996 |
| 90° | 525 | 10,437 |
| 100° | 750 = 1 Atmosphäre | 15,1 |
| 121° | 2 " | 30,2 |
| 145° | 4 " | 60,4 |
| 172° | 8 " | 120,9 |
| 200° | 15 " | 226,6 |
| 226° | 25 " | 377,7 |

Wird das Wasser und überhaupt jede Flüssigkeit bis zum Kochpunkte erhitzt, also das Wasser bis auf 100°, so ist die Spannkraft des Dampfes gerade dem Drucke der Atmosphäre gleich. Der Druck einer Atmosphäre beträgt 15 ℔ auf einen Quadratzoll, oder 1,03 Kilogramm auf den Quadratcentimeter. Wie man sieht, wächst die Spannkraft des Wasserdampfes in höherer Temperatur weit rascher als in niederer: um einen Druck von zwei Atmosphären hervorzubringen, braucht man Wasser, das in einem Kessel eingeschlossen ist, nicht abermals 100° weiter zu erhitzen, sondern bloß 21°, bei 145° ist die Tension des Dampfes schon = 4 Atmosphären u. s. w. Es ergiebt sich daraus, welche enorme Gewalt man durch Erhitzen von Wasser in verschlossenen Räumen hervorbringen kann, seine Anwendung

für die Herstellung von Eisenbahnen und Dampfmaschinen überhaupt, deren nähere Beschreibung in das Gebiet der Physik fällt.

Das Wasser dunstet von den Bächen, Flüssen, Seen und Meeren beständig ab und geht in Dampfform in die Luft über, die somit stets größere oder geringere Mengen davon enthalten muß. Je geringer der Luftdruck ist und je höher die Temperatur, um so mehr Wasser verdunstet auch. Die an der Erdoberfläche mit Wasserdampf gesättigte und durch Wärmestrahlung vom Boden aus leichter gewordene Luft steigt in die Höhe und macht andern Luftschichten Platz, die noch weniger mit Feuchtigkeit gesättigt sind. Je weiter die mit Wasserdampf gesättigte Luft anderseits emporsteigt, um so mehr kömmt sie mit kälterer Luft zusammen. Jetzt vermag die Luft, in Folge der Wärmeentziehung, nicht mehr den Wasserdampf fein zertheilt zu erhalten; die Wassertheilchen treten zu feinen Bläschen zusammen, es bildet sich eine Wolke, die nun sichtbar ist. Indem die Bläschen sich stets vergrößern, werden sie endlich so schwer, daß sie sich nicht mehr schwebend in der Luft halten können, sondern in Form von Tropfen als Regen zu Boden fallen. Man hat in dem Sinken des Barometers in der Regel ein sicheres Anzeichen von bevorstehendem Regen, was durch die Annahme erklärt wird, daß mit Wasserdampf gesättigte Luft ein geringeres Gewicht als die trockene besitze. Häufig zeigt das Fallen des Barometers zunächst nur Luftströmungen oder Wind an; diese aber führen dadurch Regen herbei, daß die wärmern Luftschichten mit kältern gemischt werden und so das Wasser auf die schon angeführte Weise niedergeschlagen wird. Die Bildung des Nebels beruht auf der Verdunstung des Wassers, wie bei den Wolken. Nebel sind nichts anders als Wolken, die sich aber schon unmittelbar über der Erdoberfläche bilden, entweder erst später empor steigen oder bald nachher in tropfbar flüssiger Form niederfallen. Ist die Temperatur in den obern Luftschichten sehr tief, d. h. unter 0° so gefriert das Wasser und verwandelt sich in äußerst feine Nädelchen, an die sich stets neue oft sehr regelmäßig anlagern und so in Form von Flocken zur Erde gelangen. Sind die untern Luftschichten zu warm, so schmelzen die Flocken wieder es schneit dann auf den Bergen, während es im Thale regnet.

Ueber die Entstehung des Hagels — dieser vom Landmann so sehr gefürchteten Erscheinung — hat man bis jetzt noch immer nicht eine ganz befriedigende Erklärung zu geben gewußt. In der Mitte größerer Hagelkörner befindet sich ein undurchsichtiger Kern, die Umhüllung dagegen besteht aus durchsichtigem Eis. Hagelkörner können ein Gewicht von $^1/_2$ ℔, ja sogar von 24 Lothen erreichen und sind theils rund oder abgeplattet und eckig. Am schwersten ist namentlich ihr großes Gewicht zu erklären, indem man sich fragen muß, wie es möglich sei, daß sie sich so lange in der Luft halten können, bis sie zu der Größe angewachsen sind.

Das Regenwasser ist beinahe ganz rein und enthält nur Spuren von Ammoniak, Salpetersäure, Kohlensäure und beim Beginne des Regens auch von in der Luft schwebenden organischen Stoffen. Während dasselbe aber durch die Erdschichten hindurch sikert, wo beständig Verwesungsprozesse organischer Materien vor sich gehen, nimmt es Kohlensäure auf und hat nun das Vermögen, kohlensauren Kalk aufzulösen. Außerdem lösen sich noch Gyps, Verbindungen der Alkalien, der Bittererde, des Eisens 2c., je nach der Zusammensetzung des Gesteines, die von ihm durchsetzt wird. Wird das Quellwasser stehen gelassen oder gekocht, so scheiden sich die gelösten Körper theilweis oder ganz aus und bilden eine Kruste. Ist Wasser durch einen besonders großen Gehalt an aufgelösten Mineralstoffen (Salzen) ausgezeichnet, so heißt es Mineralwasser. Man unterscheidet im Allgemeinen hepatische Mineralwasser, Bitterwasser und Stahlwasser. Erstere enthalten namentlich Schwefel in Form von Schwefelwasserstoff, die beiden Letztern entweder schwefelsaure Bittererde oder Eisensalze als hervorragende Bestandtheile. Das Meerwasser enthält zwischen 3 und 4 % aufgelöste Salze, größtentheils Kochsalz und ist in Folge davon ungenießbar. — Um aus Quellwasser reines Wasser zu erhalten, muß es destillirt werden, wobei die festen Stoffe zurückbleiben.

Das Wasser ist überhaupt ein ausgezeichnetes Lösungsmittel für viele Substanzen; in der Regel ist sein Lösungsvermögen um so größer, je höher die Temperatur des Wassers ist. Im Allgemeinen aber verhalten sich die Körper sehr verschieden:

Viele sind im Wasser durchaus unlöslich, andere nur in einem sehr großen Ueberschuß, eine dritte Klasse endlich löst sich in einer verhältnißmäßig größern oder geringern Menge Wassers auf, so daß man unlösliche, schwer- und leichtlösliche Körper unterscheidet. Hat Wasser von einem bestimmten Salze etwas aufgenommen, so ist damit sein Löslichkeitsvermögen nicht erschöpft; es kann zu gleicher Zeit mehrere Stoffe gelöst erhalten, selbst dann ist es noch im Stande einen andern Körper zu lösen, wenn es auch von dem einen so viel als möglich gelöst hat. Wie das Wasser feste Stoffe zu lösen, d. h. in flüssige Form überzuführen vermag, so kann es auch Gase absorbiren; indessen ist auch hier das Lösungsvermögen gegenüber der einzelnen gasförmigen Stoffen sehr verschieden: Während es z. B. von Ammoniakgas das 500fache seines Volumens absorbirt, nimmt ein Volumen Wasser unter gewöhnlichen Verhältnissen nur ein Volumen Kohlensäure auf. Je niederer die Temperatur und je größer der Druck ist, um so mehr Gase löst das Wasser auf und umgekehrt.

Bedeutung des Wassers in der Agricultur. Da einerseits der Wasserstoff ein Bestandtheil der Pflanzen ist, anderseits kein Stoff, außer er sei im Wasser gelöst, in die Pflanze eingehen und zu einem Nahrungsstoffe derselben werden kann, so ergiebt sich daraus die wichtige Rolle, welche das Wasser im Leben der Pflanze spielt: Das Wasser ist 1) ein wesentliches Nahrungsmittel des Pflanzenreiches und 2) vermittelt es in Folge seines Lösungsvermögens den Eintritt aller übrigen Nahrungsstoffe in den Pflanzenorganismus. Daraus folgt unmittelbar, daß ohne Dasein des Wassers keine Vegetation möglich wäre; es erklärt sich auch, wie die ganze Natur plötzlich wieder aufblüht, wenn nach langer Trockniß der Regen vom Himmel auf das lechzende Land niederströmt, oder wenn nach bangen, schwülen Sommertagen ein wohlthätiges Gewitter sich entladet. Zwar geht schon aus der obigen allgemeinen Beschreibung des Wassers hervor, daß es im reinen Zustande nur wenig Lösungsvermögen besitzt und diese für den Landbau vorzüglichste Eigenschaft erst dadurch erlangt, daß es zuvor andere Stoffe in sich aufgenommen

hat. Obenan steht die Kohlensäure. Ist das Regenwasser mit dieser versehen worden, so vermag es erst den kohlensauren Kalk, die Bittererde und das Eisen löslich zu machen, durch die Aufnahme der an und für sich löslichen Verbindungen der Alkalien: des Chlornatriums, Chlorkaliums, des kohlensauren Ammoniaks, die Chlorammoniums 2c., vermag es auch die sonst ganz unlöslichen Körper wie phosphorsaure Kalkerde, Kieselsäure 2c. in Lösung überzuführen. Das mit Kohlensäure und Alkaliverbindungen beim Durchsikern durch die Gebirgsarten, wie beim Zusammentreffen mit der Ackererde versehene Wasser arbeitet langsam aber unwiderstehlich an seiner Aufgabe, den Pflanzen die Nahrungsstoffe vorzubereiten, d. h. die Aschenbestandtheile löslich zu machen. So werden jedes Jahr die kieselsauren Verbindungen (feldspathhaltigen Gesteine) im Ackerboden weiter zerlegt, kohlensaure Alkalien gebildet und lösliche Kieselsäure. Die Bearbeitung des Bodens (Pflügeu) bezweckt vornehmlich, dieser Thätigkeit des Wassers so viel als möglich Zutritt zu schaffen.

---

## Die Atmosphäre.

Die Luft, welche überall den Erdkörper umgiebt, ist ein Gemisch von mehrern Gasen. Bei den Gasen (siehe Einleitung) überwiegt zwischen den Atomen die Abstoßungskraft, in Folge dessen ein Gas den möglichst größten Raum einzunehmen sucht; daß also die atmosphärische Luft sich nicht im ganzen Weltraum verbreitet, hat seinen Grund darin, daß der abstoßenden Kraft zwischen den Lufttheilchen die Anziehungskraft der Erde entgegenwirkt. In einer gewissen Höhe müssen sich demnach Abstoßungskraft und Anziehung der Erde das Gleichgewicht halten und die Luft eine Grenze haben. Die Höhe der Luft wird auf 10 geographische Meilen geschätzt; jedoch ist ihre Höhe nicht überall gleich, sondern sie hat noch eine stärker sphäroïdische Gestalt als die Erdoberfläche. Am größten ist ihre Höhe am Aequator, wo sie durch die Wärme am stärksten ausgedehnt wird. Die Luft ist schwer, das Gewicht eines Cubicfußes beträgt 2,75 Loth bei

28 Zoll Barometerstand und 0° Cels., d. h. wenn sie am dichtesten ist. Der Druck, den dieselbe ausübt, wird durch das Barometer gemessen, indem auf dem einen offenen Schenkel des Barometerrohres die Luft ruht und der Quecksilbersäule im andern längern Schenkel das Gleichgewicht hält. Da die Luft Schwere besitzt, so ist leicht begreiflich, daß die untern Luftschichten durch die obern gedrückt werden, woraus folgt, daß die Atmosphäre nicht überall dieselbe Dichtigkeit haben kann; am dichtesten ist sie unmittelbar an den tiefsten Punkten der Erdoberfläche, an Meeresufern; je weiter man hinauf steigt um so mehr nimmt ihre Dichtigkeit ab. Aus der oben angeführten Tabelle über die Spannkraft des Wasserdampfes ergiebt sich, daß der Druck der Atmosphäre auf eine Fläche von einem Quadratzoll Inhalt etwas über 15 ℔ ist. Eine zahlreiche Reihe von Analysen hat als Zusammensetzung der Atmosphäre ergeben:

| | | |
|---|---|---|
| Stickgas | = | 78,492 |
| Sauerstoffgas | = | 20,627 |
| Kohlensäuregas | = | 0,041 |
| Wassergas | = | 0,840 |

Oder wenn man den Wassergehalt nicht berücksichtiget,

| nach Volumen: | | nach Gewichtstheilen: | |
|---|---|---|---|
| Sauerstoff | 20,76 | Sauerstoff | 22,977 |
| Stickstoff | 79,19 | Stickstoff | 76,947 |
| Kohlensäure | 0,05 | Kohlensäure | 0,076. |

Das Gesammtgewicht der atmosphärischen Luft wurde berechnet auf: 11,104958,000000,000000 preußische Pfund. Von diesen beträgt nach der oben angeführten Analyse

| | | |
|---|---|---|
| Der Sauerstoff | 2,551586,000000,000000 | preuß. ℔ |
| Der Stickstoff | 8,544932,000000,000000 | „ |
| Die Kohlensäure | 8440,000000,000000 | „ |
| | 11,104958,000000,000000 | preuß. ℔. |

Außerdem enthält die Luft noch äußerst geringe Mengen von Ammoniak. Man hat gefunden, daß der Gehalt an Ammoniak zwischen 0,0001 und 0,0047 Volumenprocenten schwankt. Da auch im Regenwasser nach Gewittern Salpetersäure aufgefunden wurde, so läßt sich annehmen, daß durch Einfluß von Electricität

auf die Bestandtheile der Luft auch Salpetersäure gebildet und in der Atmosphäre vorkommen kann. Daß endlich je nach der Gegend und den Vorgängen auf der Erdoberfläche der Luft noch andere Stoffe zuströmen können, ist leicht einzusehen, so in vulkanischen Gegenden schwefligte Säure, Salzsäure 2c. und aus Sumpfland Kohlenwasserstoffe, Schwefel- und Phosphorwasserstoff. Viele dieser Gase verursachen beim längern Einathmen Unwohlsein und sogar ansteckende Krankheiten. — Aus der angeführten Zusammensetzung der Luft ergiebt sich, daß Stickstoff und Sauerstoff die Hauptbestandtheile sind und zwar bleibt sich, was namentlich bemerkenswerth ist, das Verhältniß zwischen den beiden Gasen stets gleich. Aus diesem Grunde haben viele Chemiker vermuthet, Stickstoff und Sauerstoff bilden in der Atmosphäre eine chemische Verbindung. Dies ist aber nicht richtig; denn 1) können Stickstoff und Sauerstoff in dem Verhältniß, wie sie in der Luft enthalten sind, gemischt werden, ohne daß Erwärmung eintritt, was geschehen müßte, wenn sie sich chemisch verbänden und 2) hat die Luft, welche vom Wasser aufgenommen wird und in ihm enthalten ist, nicht dieselbe Zusammensetzung, wie die atmosphärische; sie besteht in 100 Theilen aus 32 Volumen Sauerstoff und 68 Volumentheilen Stickstoff. Unter der Voraussetzung einer chemischen Verbindung ist diese Thatsache nicht erklärbar: Wären die Gase an einander gebunden, so müßten sie auch im Wasser im gleichen Verhältniß wie in der Atmosphäre enthalten sein. Sind aber die Gase ein bloßes chemisches Gemisch, so werden sie vom Wasser im Verhältniß ihrer Löslichkeit absorbirt und in der That findet sich auch im Wasser gerade in dem Verhältniß mehr Sauerstoff als Stickstoff, in welchem Ersterer mehr löslich ist als Letzterer. — Durch den größten Druck und die größte Kälte, welche man hervorzubringen vermag, wird die Luft nicht in eine Flüssigkeit verwandelt, wohl aber auf einen kleinern Raum zusammengedrängt: Bei doppeltem, drei-, vier- und fünffachem Druck 2c. auf die Hälfte, $1/3$, $1/4$, $1/5$ u. s. w. ihres ursprünglichen Volumens. Wird umgekehrt der Druck vermindert, z. B. um die Hälfte, ums drei-, vier-, fünffache, so nimmt die Luft einen doppelt, dreifach, vierfach so großen Raum als im Anfang ein (Mariotts Gesetz).

Nicht nur durch Aufhebung des Druckes, sondern auch durch Erwärmung, wie schon Anfangs bemerkt, wird die Luft ausgedehnt, ihr Volumen vergrößert. Werden 1000 Cubicfuße Luft von 0° bis 100° erwärmt, so dehnen sie sich auf 1366 Cubicfuße aus. Diese erwärmte Luft ist leichter als die kalte und steigt in die Höhe. Hierauf gründet sich hauptsächlich die Entstehung der Winde. In den Aequatorialgegenden der Erde wird die Luft durch die Sonnenstrahlen am meisten erwärmt, sie steigt in die Höhe und strömt nach den Polen hin, während in entgegengesetzter Richtung die kalte Polarluft der Erde nach dem Aequator zustreicht. So hätten wir bei uns beständig der Erdoberfläche nach einen Luftstrom von Nord nach Süd, in den obern Luftschichten eine Bewegung von Süd nach Nord, wenn nicht die Erde eine Drehung um ihre Axe hätte und noch andere Umstände mitwirkten, wodurch die Winde manigfaltige Richtungen bekommen.

Schon oben wurde erwähnt (siehe Sauerstoff), daß die Verbrennung in der Atmosphäre nicht mit solcher Energie verläuft wie im reinen Sauerstoff, indem der Stickstoff das Verbrennen nicht unterhält. Wir haben hier noch beizufügen, daß die Körper theils mit, theils ohne Flamme verbrennen. Nur diejenigen Stoffe brennen mit Flamme ab, welche zuvor gasförmige Zersetzungsprodukte liefern; ganz reine Kohle, die nicht in Gasform überzuführen ist, glüht bloß. Betrachtet man die Flamme einer Kerze genauer, so lassen sich drei Zonen unterscheiden: Eine mittlere, dunkle, um den Docht herum; eine hellleuchtende weiße und zu äußerst am Rande eine bläuliche. Beim Anzünden wird das Fett geschmolzen, steigt im Dochte auf und erleidet eine Zersetzung, wobei namentlich Leuchtgas entsteht, eine Verbindung des im Fette enthaltenen Kohlenstoffes mit dem Wasserstoff desselben. In der hell leuchtenden Zone verbrennt nun zunächst der Wasserstoff, während die schwerer verbrennlichen Kohlenstoffpartikelchen sich ausscheiden und in der durch die Verbrennung des Wasserstoffs erzeugten Hitze glühend werden. Sie sind die Ursache der von der Flamme ausgehenden Helligkeit. Am Rande verbrennt dann auch der Kohlenstoff mit bläulichem Scheine. Nur wenn sich in einer Flamme feste Körper aus-

scheiden, wird sie stark leuchtend; die Flamme des Wasserstoffs ist darum matt, weil bei seiner Verbrennung nur Wasser und kein fester Körper gebildet wird. Bei Brenn- und Leuchtmaterialien hängt die vollständige Verbrennung vom Luftzuge ab. Die Kamine auf Heerden und die Lampengläser haben denselben Zweck. Bringt man über eine Flamme ein Glas, so wird dadurch eine erhitzte Luftsäule hervorgebracht; diese, als specifisch leichter steigt in die Höhe, unten aber strömt stets neue Luft und damit auch der zum Verbrennen nöthige Sauerstoff zu, was nicht in dem Maß der Fall ist, wenn der Schornstein fehlt.

Bedeutung der Atmosphäre für die Agricultur.

1) Die Atmosphäre vermittelt einen ewigen Kreislauf des Wassers, dieses für das Leben der Pflanzen und Thiere wichtigsten Stoffes. Von den Meeren steigt das Wasser in die Luft, wird dort beim Zusammentreffen kalter mit warmen Luftschichten als Regen, Schnee oder Hagel wieder niedergeschlagen und fällt auf die Erde nieder. Es bilden sich Quellen, Bäche, Flüsse und Ströme, die den Oceanen zufließen, von wo aus aufs Neue der Kreislauf beginnt. Hiedurch wird verhindert, daß sich faulendes, stagnirendes Wasser, welches der Gesundheit so nachtheilig ist, im großen Maßstab bilden kann.

2) Durch den Sauerstoff und das Wasser der Luft werden bei gleichzeitiger Einwirkung der Wärme die Humuskörper (Pflanzenüberreste, Dünger, organische Stoffe überhaupt) in Gährung, Fäulniß und Verwesung übergeführt, bis sie fähig sind, in die Pflanzen eintreten zu können.

3) Die atmosphärische Luft bildet das große Reservoir (Aufbewahrungsort) des Pflanzenlebens, woraus Kohlenstoff in Form von Kohlensäure, Wasserstoff und Sauerstoff in Form von Wasser und Stickstoff aus dem Ammoniak bezogen werden. Zwar sollte es scheinen, als würde z. B. der Kohlenstoff durch den Dünger dem Felde zugeführt; berechnet man aber, wie viel Kohlenstoff durch die Düngung einem Acker zufließt und wie viel man durch die Ernte einführt, so zeigt sich, daß der in Gestalt von Dünger gelieferte Kohlenstoff ein nur sehr geringer Theil desjenigen ausmacht, der eingeerntet wird. Uebrigens braucht es hier bloß eine Hinweisung auf die Wälder, welche gar nicht gedüngt werden

und dennoch alljährlich beim Wachsthum des Holzes in so großem Maßstabe an Kohlenstoff zunehmen und dieser Kohlenstoff kann nur aus der Luft stammen. Es hat sich oben bei der Zusammensetzung der Luft gezeigt, daß wenn auch ihr Kohlensäuregehalt nur durchschnitlich 0,05 Volumenprocente beträgt, dennoch ein ungeheures Quantum Kohlenstoff in der Luft enthalten ist. Die Menge ist so groß, daß sie nach der Berechnung mehr beträgt, als diejenige ist, welche heut zu Tage in allen Pflanzen der Erde und in den Kohlenlagern sich abgesetzt findet.

4) Ist die Luft bei der Verwitterung der Erdrinde thätig, indem der Sauerstoff derselben Oxydule in Oxyde, Schwefelverbindungen der Metalle in Schwefelsäure verwandelt und dadurch die Gesteine lockert.

5) Auch Sauerstoff ist, wie sich in neuerer Zeit herausgestellt hat, zum Wachsthum der Pflanze nöthig und wird als solcher aus der Atmosphäre von ihr aufgesogen; dagegen bleibt der Stickstoff vollkommen indifferent und scheint bloß zur Verdünnung des Sauerstoffes in der Luft zu sein.

## Salpetersäure $NO_5,HO$.

Vorkommen. Salpetersaure Salze (Verbindungen der Salpetersäure mit Basen) entstehen, wenn stickstoffhaltige (thierische) Substanzen bei Gegenwart von starken Basen, Kaliumoxyd, Natriumoxyd oder Calciumoxyd in Fäulniß übergehen. Wegen ihrer Verwandtschaft zu Säuren veranlaßt die Basis den Stickstoff-Sauerstoff aufzunehmen und sich in Salpetersäure zu verwandeln. Man findet in der Natur die Salpetersäure namentlich an Kali gebunden im gewöhnlichen Salpeter $KO,NO_5$ und an Natron gebunden im Chilisalpeter; daher hat auch die Säure, welche eigentlich Stickstoffsäure heißen sollte, den unächten Namen Salpetersäure bekommen. — Die Ausblühungen an Stallmauern sind vornehmlich salpetersaure Kalkerde.

Darstellung. Durch Destillation von Salpeter mit Schwefelsäure. Die Schwefelsäure, als die stärkste aller Säuren, hat größere Verwandtschaft zu der Basis Kali als Salpetersäure und so wird die Letztere abgeschieden, verflüchtigt sich in der Hitze und wird in einer abgekühlten Vorlage aufgefangen.

$$\underbrace{KONO_5}_{\text{Salpeter.}} + \underbrace{SO_3HO}_{\text{Schwefelsäurehydrat.}} = \underbrace{KO,SO_3}_{\text{Schwefelsaures Kali.}} + \underbrace{NO_5HO}_{\text{Salpetersäurehydrat.}}$$

Eigenschaften. Während die Luft ein bloßes Gemische von Sauerstoff und Stickstoff ist, besteht die Salpetersäure aus einer chemischen Verbindung von 1 Aequivalent Stickstoff mit 5 Aequivalenten Sauerstoff und 1 Aequivalent Wasser, welches in den Salzen durch Basen vertreten ist. Die Salpetersäure ist im ganz reinen Zustande eine farblose Flüssigkeit von eigenthümlichem Geruch und sehr saurem Geschmack. Sie hat ein spec. Gewicht von 1,54 und siedet bei 86°. Schon durch das Sonnenlicht wird die Säure in Sauerstoff, Wasser und Untersalpetersäure $NO_4$ zerlegt; dieselbe Wirkung hat die Wärme, so daß sie nicht destillirt werden kann, ohne daß Untersalpetersäure auftritt. Wegen dieser leichten Zersetzbarkeit ist sie ein ausgezeichnetes Oxydationsmittel für Metalle und auch für organische Körper. Fast alle Metalle (unter anderm Gold und Platina nicht) werden durch sie in Lösung übergeführt. Gießt man Salpetersäure z. B. auf Kupfer, so löst sich dasselbe rasch zu einer blauen Flüssigkeit, zu salpetersaurem Kupferoxyd auf.

$$\begin{rcases} Cu + NO_5 \\ Cu + NO_5 \\ Cu + NO_5 \\ + NO_5 \end{rcases} = \begin{cases} 3CuO,NO_5 + \\ NO_2. \end{cases}$$

Ein Theil der Salpetersäure wird hiebei verbraucht, um aus Kupfer Kupferoxyd zu bilden, womit dann die übrige Säure zu einem Salz sich verbindet. Das zu gleicher Zeit sich entwickelnde Stickoxydgas $NO_2$ nimmt an der Luft zwei weitere Aequivalente Sauerstoff auf und geht in Untersalpetersäure, den über der blauen Lösung schwebenden dunkelrothen Dampf über. Salpetersäure, die Untersalpetersäure enthält, ist daher auch immer mehr oder weniger gelblich, bis roth gefärbt und raucht stark an der Luft. (Rauchende Salpetersäure.) Die Sauerstoffabgabe von Seiten der Säure findet so leicht und rasch statt, daß Terpentinöl, zu welchem rauchende Salpetersäure gegossen wird, sich fast augenblicklich entzündet und in ein Harz verwandelt. Die Haut wird durch Salpetersäure gelb gefärbt und zerstört. Wird

zur Darstellung derselben Chilisalpeter genommen, der noch bedeutende Mengen von Kochsalz enthält, so bekommt man eine Salpetersäure, die salzsäurehaltig ist und im Handel Scheidwasser heißt, weil sie zur Scheidung des Goldes und Silbers angewendet werden kann, wenn sie z. B. in einer Legirung vorkommen.

Bedeutung für die Agricultur. Wie überhaupt Säuren im concentrirten Zustande nicht zu Pflanzen gebracht werden dürfen, indem sie dieselben zerstören, so verhält es sich namentlich auch mit der Salpetersäure. Im äußerst verdünnten Zustande ist sie im Regenwasser vorhanden, sowie in vielen Quell- und Brunnenwassern, wo sie von der Verwesung organischer Stoffe herrührt. Die Salpetersäure in der Luft, welche vom Wasser aufgenommen wird, verdankt ohne Zweifel ihre Entstehung der Electricität oder dem Blitze, der die Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff zu Salpetersäure vermittelt. In Folge der geringen Mengen, in welcher sie frei vorkömmt, kann sie für die Vegetation wenigstens in nördlichen Gegenden nur von untergeordneter Bedeutung sein gegenüber dem Ammoniak; über die Anwendung und Wirkung ihrer Salze werden wir später sprechen.

## Ammoniak.

Das Ammoniak, einer der wichtigsten Stoffe für den Ackerbau, besteht in Gasform aus einem Aequivalent Stickstoff und drei Aequivalenten Wasserstoff; um Verbindungen mit andern Stoffen, wie Chlor und Sauerstoffsäuren einzugehen, muß es noch ein Aequivalent Wasserstoff aufnehmen und heißt dann Ammonium; die Formel des Ammoniaks ist somit $NH_3$; die des Ammoniums $NH_4$.

Entstehung des Ammoniaks. Diese merkwürdige Verbindung entsteht hauptsächlich unter folgenden Umständen:

1) Wenn organische, stickstoffhaltige Körper (Horn, Fleisch, Klauen, Haare 2c.) in ein Gefäß eingeschlossen und bei Luftabschluß erhitzt, d. h. der trockenen Destillation unterworfen werden. Diese Stoffe bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. In der Hitze werden die Elemente

gezwungen sich anders zu lagern und neue Verbindungen unter einander einzugehen. Bringt man in eine gläserne Retorte Hornspäne, verbindet die Retorte mit einer Vorlage und erhitzt sie, so geht bald eine Zersetzung vor sich unter Entwicklung eines üblen Geruches. Am Boden der Vorlage sammelt sich ein stinkendes Oel an, während die Wände mit langen Krystallnadeln sich überkleiden. Das Ammoniak ist noch nicht fertig gebildet in den genannten Stoffen enthalten: Der Einfluß der Wärme besteht also darin, daß der Stickstoff sich mit dem Wasserstoff zu Ammoniak, der Sauerstoff mit dem Kohlenstoff zu Kohlensäure und ein anderer Theil des Wasserstoffs mit Sauerstoff sich zu Wasser verbinden; aus Ammoniak, Wasser und Kohlensäure entsteht hierauf das kohlensaure Ammoniumoxyd:

$$NH_3 + HO + CO_2 = NH_4O,CO_2.$$

2) Bei der Gährung und Fäulniß aller stickstoffhaltigen Thier- und Pflanzenstoffe, der thierischen Excremente oder des Düngers. Diese Entstehungsweise ist für die Landwirthschaft von der allergrößten Wichtigkeit, weil der Pflanzenwelt hiedurch der Weg zur Aneignung (Assimilation) des Stickstoffes geöffnet wird. Wie allbekannt, tritt nach dem Tode der Thiere, wie des Menschen, rasch die Fäulniß der Fleischmasse ein, die um so schneller verläuft, je höher innerhalb gewisser Grenzen die Temperatur ist. Mannigfaltige Produkte entwickeln sich, die namentlich durch einen höchst unangenehmen Geruch sich auszeichnen, zuletzt bleibt von den organischen fleischigen Theilen des Menschen und der Thiere nichts übrig als die Knochen, neben etwas Asche, die während dem Leben im Fleische enthalten war. Wo ist der Körper hingekommen? Früher glaubte man, er könne sich in Nichts auflösen. Die Chemie lehrt aber, daß nicht die geringste Spur eines Körpers verschwinden, wohl aber auf die verschiedenartigste Weise sich verändern kann. Der Thierleib, mit Ausnahme seiner unorganischen Bestandtheile, löst sich zuletzt in drei Gase auf, in Wasserdampf, Kohlensäure und Ammoniak, die sich verflüchtigen, in die Luft gelangen und dort der Beobachtung entgehen, aber durch chemische Mittel mit Leichtigkeit nachweisbar sind.

Darstellung des Ammoniaks. Man nimmt hiezu den im Handel vorkommenden Salmiak oder Chlorammonium $NH_4Cl$, mischt ihn mit pulverisirtem, gebranntem Kalk, d. i. Calciumoxyd und bringt das Gemisch in eine Retorte. Schon beim Mischen entwickelt sich Ammoniakgas, noch mehr aber, wenn man die Retorte mit glühenden Kohlen oder einer Spirituslampe erhitzt. Das Gas muß über Quecksilber aufgefangen werden. Der Prozeß, der hiebei vor sich geht, läßt sich durch folgende Formel ausdrücken:

$$\underbrace{NH_4Cl}_{\text{Salmiak.}} + \underbrace{CaO}_{\text{Kalkerde.}} = \underbrace{NH_3}_{\text{Ammoniak.}} + \underbrace{HO}_{\text{Wasser.}} + \underbrace{CaCl}_{\text{Chlorcalcium.}}$$

Eigenschaften des Ammoniaks. Ist ein farbloses Gas von eigenthümlichem, betäubendem Geruch. Bei — 40° wird es in eine Flüssigkeit und bei — 80° in einen farblosen festen Körper verwandelt. Es ist leichter als die atmosphärische Luft, indem sein specifisches Gewicht bloß 0,59 ist. Das Gas wird in sehr großer Menge vom Wasser aufgenommen; ein Cubicfuß Wasser kann bei 10° 670 Cubicfuß Ammoniakgas absorbiren. Brennende Körper erlöschen in ihm und es selbst läßt sich nur sehr schwierig anzünden. Die Gegenwart des Ammoniaks wird zunächst durch den Geruch erkannt, außerdem aber auch durch Säuren, die man in die Nähe der Stelle bringt, wo es sich entwickelt. Bringt man in Luft, die Ammoniakgas enthält, einen mit Salzsäure benetzten Glasstab, so entstehen auf der Stelle weiße Nebel von Salmiak.

Das Aetzammoniak, im gewöhnlichen Leben Salmiakgeist genannt, ist Wasser, in welches bis zur Sättigung Ammoniakgas eingeleitet worden ist. Beim Einleiten des Gases in Wasser findet Erwärmung statt, und zugleich nimmt das Wasser an Volumen zu, während sich sein specifisches Gewicht vermindert. Aetzammoniakflüssigkeit, die z. B. ein specifisches Gewicht von 0,850 hat, enthält 35,3 Gewichtsprocente Ammoniak. Die Erwärmung des Wassers beim Einleiten des Ammoniaks rührt daher, daß eine chemische Verbindung zwischen Wasser und Ammoniakgas stattfindet nach der Formel

$$NH_3 + 2HO = \underbrace{NH_4O, HO}_{\text{Ammoniumoxydhydrat.}}$$

Die Ammoniakflüssigkeit hat einen sehr stark alkalischen Geschmack (Laugengeschmack) wirkt ätzend und riecht wie das Gas, indem dasselbe beständig aus dem Wasser sich wieder verflüchtigt; durch Kochen wird es vollständig aus dem Wasser ausgetrieben.

Salze des Ammoniaks. Setzt man zu Aetzammoniakflüssigkeit eine Säure, oder wird Ammoniakgas zu einer flüssigen Säure gebracht, so verschwindet der Geruch: die Säuren verbinden sich nämlich mit Ammoniak zu einem nicht mehr flüchtigen Körper. Diese Verbindungen haben die größte Aehnlichkeit mit den Metallsalzen und werden aus dem Grunde auch Ammoniaksalze genannt. Die meisten von ihnen haben einen salzigen Geschmack und reagiren weder basisch noch sauer. Beim Zusammenkommen von Ammoniak mit Sauerstoff- und Wasserstoffsäuren wird nichts ausgeschieden, indem bei den Wasserstoffsäuren der Wasserstoff gerade hinreicht, um mit Ammoniak Ammonium zu bilden und bei den Sauerstoffsäuren das basische Wasser Ammoniak zu Ammoniumoxyd zu ergänzen, womit dann die Salzbildner oder die Sauerstoffsäuren unmittelbar zusammentreten

$$\underbrace{NH_3}_{\text{Ammoniak.}} + \underbrace{HCl}_{\text{Salzsäure.}} + \underbrace{NH_4Cl}_{\text{Chlorammonium (Salmiak).}}$$

$$\underbrace{NH_3}_{\text{Ammoniak.}} + \underbrace{HO, SO_3}_{\text{Schwefelsäurehydrat.}} = \underbrace{NH_4O, SO_3}_{\text{Schwefelsaures Ammoniumoxyd.}}$$

Daraus folgt, daß sich das Ammonium $= NH_4$, welches sich hiebei erzeugt, ganz gleich wie ein metallisches Element verhält, obgleich es aus Stickstoff und Wasserstoff besteht. Das Metall Natrium giebt mit Chlor das allbekannte Kochsalz (Chlornatrium) und ebenso giebt Chlor mit Ammonium den Salmiak oder Chlorammonium; heißt man demnach die Elemente, welche mit Sauerstoff verbunden Basen oder Säure und mit dem Chlor Salze bilden, Radicale, so besteht der Unterschied zwischen Chlornatrium und Chlorammonium nur darin, daß in dem Erstern ein einfaches, in dem Letztern ein zusammengesetzes Radical vorkömmt.

$NaCl$
$(NH_4)Cl.$

## Chlorammonium (Salmiak) $NH_4Cl$.

Entstehung. Wird hauptsächlich dadurch gewonnen, daß man das durch trockene Destillation der thierischen Stoffe erhaltene kohlensaure Ammoniak entweder direkt mit Salzsäure versetzt oder es zuerst durch Zusatz von Schwefelsäure in schwefelsaures Ammoniumoxyd verwandelt, Kochsalz hinzubringt und sublimirt. Der Prozeß ist im erstern Fall:

$$NH_4O,CO_2 + HCl = NH_4Cl + HO + CO_2,$$

im Letztern $NH_4O,SO_3 + NaCl = NH_4Cl + NaOSO_3$.

Eigenschaften. Der im Handel vorkommende Salmiak bildet entweder ein farbloses Pulver oder krystallinisch fasrige Kuchen, wenn er durch Sublimation erhalten wurde. Er ist im Wasser leicht auflöslich und kann beim langsamen Verdunsten desselben in Würfeln oder Octaëdern krystallisirt erhalten werden. Sein Geschmack ist salzig und zugleich stechend; beim Erhitzen verflüchtigt er sich ohne Zersetzung, kann also leicht sublimirt werden.

## Schwefelsaures Ammoniak. $NH_4O,SO_3$.

Darstellung. Durch Zusammenbringen von kohlensaurem Ammoniak mit Schwefelsäure oder Aetzamonikflüssigkeit und Eindampfen bei nicht zu starker Wärme.

Eigenschaften. Bildet farblose, säulenförmige Krystalle, die im Wasser leicht löslich sind, aber in der Hitze sich zersetzen.

## Kohlensaures Ammoniak.

Zwischen Kohlensäure und Ammoniak existiren mehrere Verbindungen: die Verbindung, welche unmittelbar bei der trockenen Destillation thierischer Stoffe erhalten wird, ist das sogenannte anderthalb kohlensaure Ammoniak, das aus zwei Aequivalenten Ammoniumoxyd und drei Aequivalenten Kohlensäure besteht $(NH_4O)^2, 3CO_2$ und noch mit Oel verunreinigt ist.

Eigenschaften. Eine nach der Reinigung weiße, krystallinische Masse, die sehr stark nach Ammoniakgas riecht, ein Beweis, daß sie schon bei gewöhnlicher Temperatur eine beständige Zersetzung erleidet. Zuletzt verwandelt es sich, indem auch

Kohlensäure abgegeben wird, in doppelt kohlensaures Ammoniumoxyd, das nicht mehr Ammoniak abdunstet.

## Salpetersaures Ammoniak.

Bildung. Beim Zusammenkommen von kohlensaurem Ammoniak mit Salpetersäure.

Eigenschaften. Krystallisirt in Säulen, wie der Salpeter (salpetersaures Kali). Im Wasser leicht löslich; in der Hitze zersetzbar in Wasser und Stickoxydulgas.

Bedeutung für die Agricultur. Reines Ammoniak wirkt auf die Pflanzen giftig (ätzend) und darf selbst, wenn es mit 1600 Theilen Wasser verdünnt worden ist, nicht zu ihnen gebracht werden; durch seine Verbindung mit Säuren aber werden die ätzenden Eigenschaften ganz oder größtentheils aufgehoben. So geht das Ammoniak in Form von Salzen, als kohlensaures, schwefelsaures, salpetersaures und auch als phosphorsaures, huminsaures Ammoniak 2c. in die Pflanzen ein, was weiter mit keinen Hindernissen verknüpft ist, indem alle genannten Verbindungen, vor allem das kohlensaure Ammoniak, im Wasser leicht auflöslich sind. Die große Wichtigkeit des Ammoniaks für die Agricultur beruht darauf, daß es der Hauptlieferant des Stickstoffes für die Pflanzen ist und die stickstoffhaltigen Pflanzenbestandtheile den größten Nahrungswerth besitzen. Aus dem Ammoniak stammt der Stickstoff im Kleber der Getreidekörner, im Käsestoff der Hülsenfrüchte und im Eiweiß der Pflanzensäfte; ohne Stickstoff in Gestalt von Ammoniak oder Ammoniakverbindungen wäre, so liegt es einmal in der Natur der Dinge, die Erzeugung der für das thierische Leben kostbarsten Nahrungsstoffe unmöglich.

Außer Ammoniak kennt man nur noch eine Quelle des Stickstoffs, die Salpetersäure, welche an Basen gebunden als Kali-, Chili- und Kalksalpeter von den Pflanzen aufgenommen und verarbeitet wird. Da indessen in unsern nördlichen Gegenden die Verhältnisse für die Umwandlung des Ammoniaks in Salpetersäure (siehe unten Gährung und Fäulniß) nicht so günstig sind, wie in den wärmern südlichen Ländern, so sind die Pflanzen bei uns im Betreff ihres Bedürfnisses an Stickstoff hauptsächlich

auf das Ammoniak verwiesen; im Süden kann ihnen ein weit größerer Theil auch durch salpetersaure Verbindungen geliefert werden.

## Die Kohlensäure $CO_2$.

Vorkommen: Frei in der atmosphärischen Luft (s. oben), gebunden an Basen, namentlich an Kalkerde in kohlensaurem Kalk (gewöhnlicher Kalkstein). In einem Centner reinem Kalk sind allein nicht weniger als 44 ℔ Kohlensäure enthalten, woraus man sich einen Begriff von dem enormen Quantum Kohlensäure machen kann, das in der Erde abgelagert ist.

Entstehen der Kohlensäure: Die Kohlensäure ist das Produkt der vollständigen Verbrennung des Kohlenstoffes. Sie entsteht noch täglich in außerordentlich großer Menge:

1) Beim Athmungsprozeß der Menschen und Thiere. Der Sauerstoff der Luft wird vom Blute aufgenommen und der Kohlenstoff der Nahrungsmittel zu Kohlensäure verbrannt. Ein erwachsener Mensch athmet in Zeit von 24 Stunden durchschnittlich 238 Gramm, also nahezu $\frac{1}{2}$ ℔ Kohlenstoff in Form von Kohlensäure aus. Bei vielen Thieren ist wie natürlich das Quantum des ausgeathmeten Kohlenstoffs noch größer, z. B. beim Pferde 8, bei der Kuh 4,4 ℔. Es ergiebt sich hieraus, daß wenn die Zahl der Menschen zu 1000 Millionen angenommen und die Thiere ebenfalls annähernd in Rechnung gebracht werden, einzig durch den Athmungsprozeß jährlich $2\frac{1}{2}$ Billionen Pfund Kohlensäure entstehen.

2) Bei der Verbrennung von Holz, Steinkohlen, Braunkohlen ꝛc. zu häuslichen und technischen Zwecken. Wie schon oben bemerkt, bestehen diese Brennmaterialien aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Der Kohlenstoff verbrennt zu Kohlensäure, der Wasserstoff zu Wasser. Nach einer nicht zu hoch gehenden Schätzung werden jährlich auf der Erde 19,460,950,966 Centner Kohlenstoff verbrannt, was einer Kohlensäuremenge von 71,356,820,208 Centnern = 7,2 Billionen Pfund Kohlensäure entspricht, die in die Atmosphäre übergehen.

3) Bei der Gährung und Verwesung organischer Stoffe. Wie bei der Gährung Kohlensäure gebildet wird, zeigt die im

gewöhnlichen Leben allbekannte Gährung des Zuckers. Wird eine verdünnte Zuckerlösung mit Hefe, faulem Fleisch, Eiweiß 2c. in einer nicht zu hohen und nicht zu niedrigen Temperatur stehen gelassen, so entwickelt sich bald ein Gas, und der süße Geschmack des Zuckers verschwindet: das aufsteigende Gas ist Kohlensäure, während das Wasser jetzt Weingeist enthält. Der Zucker hat sich durch Gährung in Kohlensäure und Weingeist zerlegt:

$$\underbrace{C_{12}H_{12}O_{12}}_{\text{Zucker.}} = \underbrace{2\,(C_4H_6O_2)}_{\text{2 Aeq. Weingeist.}} + 4\ CO_2$$

Die organischen Materien, welche die Ackererde schwarz färben und unter dem Namen Humus zusammengefaßt werden, haben Aehnlichkeit mit verkohlten oder angebrannten Körpern und in der That sind sie auch in einer langsamen Verbrennung begriffen und hiedurch aus frischen Pflanzentheilen entstanden. Hier verbindet sich der Sauerstoff langsam, auf dem Heerde rasch mit den Körpern, aber die Endprodukte sind dieselben, Kohlensäure und Wasser, wenn die Substanz bloß aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht. Eine erstaunlich reiche Quelle von Kohlensäure wird dadurch den Pflanzen eröffnet. Man hat, auf Versuche im Kleinen gestützt, indem man die sich auf kleinen Flächen Kulturlandes entwickelnde Kohlensäure bestimmte, berechnet, daß jährlich auf diese Weise 90 Billionen Pfund Kohlensäure erzeugt werden. So groß diese Zahl erscheint, so ist sie auf jeden Fall nicht übertrieben, indem Andere, ebenfalls auf Versuche gestützt, eine zehnfache und noch größere Menge herausgebracht haben.

4) An vielen Stellen strömt Kohlensäure aus der Erde aus und ebenso findet sie sich endlich noch unter den Aushauchungsprodukten der Vulkane.

Darstellung: Kohlensaurer Kalk wird mit Schwefelsäure oder besser noch mit Salzsäure übergossen und das entweichende kohlensaure Gas über Wasser aufgefangen.

$$\underbrace{CaO,CO_2}_{\text{Kohlensaurer Kalk.}} + \underbrace{HCl}_{\text{Salzsäure.}} = \underbrace{CaCl}_{\text{Chlorcalcium.}} + CO_2$$

Eigenschaften: Farbloses Gas von schwach säuerlichem Geruch. Nicht permanent gasförmig. Durch einen Druck von 36 Atmosphären wird sie bei 0° in eine farblose Flüssigkeit verwandelt, die äußerst rasch verdunstet und dabei so viel Wärme bindet, daß ein Theil der flüssigen Kohlensäure erstarrt. Die feste Kohlensäure ist eine weiße schneeähnliche Masse und läßt sich eine Zeit lang an der Luft aufbewahren, indem sie ein sehr schlechter Leiter für Wärme ist. Die Kohlensäure hat ein specifisches Gewicht von 1,5, sammelt sich deßhalb überall da, wo sie sich entwickelt, am Boden an. Sie ist weder selbst brennbar noch kann sie das Verbrennen unterhalten. Brennende Körper in Kohlensäuregas getaucht erlöschen augenblicklich; Thiere sterben in demselben und zwar nicht bloß aus Mangel an Sauerstoffgas, sondern weil die Kohlensäure selbst eine giftige Wirkung ausübt. In der Kohlensäure ist der Sauerstoff sehr stark gebunden, so daß er nur durch Kalium und Natrium abgeschieden werden kann, wenn sie in dem Gase erhitzt werden.

Die Kohlensäure ist im Wasser auflöslich. Bei gewöhnlicher Temperatur und Druck löst ein Volumen Wasser ein Volumen Kohlensäure auf, die Löslichkeit wächst aber bis zu einem gewissen Punkte mit zunehmendem Druck: bei einem doppelten, drei-, vierfachen Drucke kann auch ein Cubikfuß Wasser 2, 3, 4 Cubikfuße Kohlensäure aufnehmen. Die Kohlensäure entweicht wieder, wenn der Druck aufgehoben wird. (Fabrikation von Champagner und moussirenden Wassern). Da in der Erde eine Menge Kohlensäure vorkömmt, so enthalten viele Quellen große Quantitäten von Kohlensäure gelöst, die entweicht, wenn das Wasser an die Luft gebracht wird. Man heißt diese Wasser: Säuerlinge. Wie oben auseinandergesetzt wurde, entwickelt sich bei der Gährung des Zuckers neben Weingeist auch Kohlensäure und daraus erklärt sich sowohl das Vorkommen der letztern in den gegohrenen Getränken als auch in Folge ihres größeren spec. Gewichtes ihre Ansammlung am Boden von Kellerräumen, worin Gährungsprozesse vor sich gehen. Brennt in solchen Räumen das Licht nicht mehr, so ist es auch rathsam, sich daraus zu entfernen und zuerst durch Anbringen von Luftzug oder Hin- und Herziehen von brennenden Strohwischen ꝛc. reine atmosphä-

rische Luft zuzuführen, bevor man hineingeht. Kalkwasser ist ein Reagens, d. h. ein Mittel zur Nachweisung von Kohlensäure. Leitet man in Kalkwasser Kohlensäure, so entsteht zuerst ein weißer Niederschlag, der beim fortgesetzten Einleiten wieder verschwindet. Der Vorgang ist dabei folgender: die ersten Portionen Kohlensäure bilden mit der gelösten Kalkerde einfach kohlensaure Kalkerde, die unauflöslich ist und sich ausscheidet, durch weitere Kohlensäure wird hierauf zweifach kohlensaurer Kalk hervorgebracht, der sich im Wasser löst, und der Niederschlag muß verschwindeu. ($CaO,CO_2 + CO_2 = CaO,2CO_2$.) Der Kohlensäuregehalt der Luft, so gering er auch ist, kann durch Kalkwasser mit Leichtigkeit nachgewiesen werden, indem man dasselbe eine Zeit lang in einem offenen Gefäß an der Luft stehen läßt. Bald bildet sich oben eine Kruste von einfach kohlensauer Kalkerde.

Bedeutung für die Agricultur. Früher und theilweise noch jetzt sind viele Landwirthe der Ansicht, daß die Pflanze nicht bloß den zu ihrem Wachsthum nöthigen Kohlenstoff, sondern auch die andern Bestandtheile direkt aus dem Humus, d. h. aus dem in Zersetzung begriffenen Dünger und Pflanzenüberresten beziehe. Die nähere Untersuchung des Humus hat nun gezeigt, daß derselbe sich in verschiedenartige Theile zerlegen läßt, die man mit Humin und Ulmin, Huminsäure, Ulminsäure, Quellsäure und Quellsatzsäure bezeichnet hat. Die erstern zwei Stoffe sind indifferent weder Säuren noch Basen, die letztern haben saure Natur und können sich mit den Alkalien zu salzartigen Verbindungen vereinigen, die in Wasser löslich sind. Die Humussäuren sind im Wasser etwas löslich, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man durch Humusmaterien geflossenes Wasser abdampft und nachher den Rückstand glüht, wobei Schwärzung eintritt. Sie können also entweder als solche in die Pflanzen eingehen oder in Verbindung mit alkalischen Basen, welche nach dem Verbrennen der Pflanzen in der Asche gefunden werden. Berücksichtigt man aber, wie wenig durch die Verbindung mit Alkalien in lösliche Form übergeführt wird, so zeigt sich, daß der auf diese Weise in die Pflanzen ge-

langte Kohlenstoff einen äußerst geringen Theil desjenigen ausmacht, welcher in einer Ernte aus dem Felde abgeführt wird.

Ueber 100 Billionen Pfund Kohlensäure gelangen jährlich nach geringstem Anschlag, wie gezeigt wurde, in die Atmosphäre und es ist einleuchtend, daß, da bei den angeführten Prozessen der Kohlensäurebildung der Sauerstoff meistens aus der Luft bezogen wird, in nicht gar langer Zeit eine Abnahme des Sauerstoffs und eine Zunahme der Kohlensäure in der Atmosphäre bemerkbar sein müßte. Im Gegentheil zeigen aber die an den verschiedensten Orten, in ungleichen Höhen unternommenen Untersuchungen der Luft stets das gleiche Verhältniß zwischen Sauerstoff und Stickstoff, nur der Gehalt an Kohlensäure schwankt ein wenig im Sommer und Winter. Warum nimmt in der Luft der Sauerstoff nicht ab und die Kohlensäure nicht zu? Diese große Frage ist gegenwärtig vollständig gelöst. Die Pflanzen haben die merkwürdige Eigenschaft, bei Gegenwart des Sonnenlichtes die Kohlensäure zu zerlegen, den Kohlenstoff sich anzueignen und den Sauerstoff auszuscheiden, ihn der Luft wieder zurückzugeben. Dieses Vermögen ist um so bewunderungswürdiger, da man außerhalb des Organismus der Pflanze die kräftigsten chemischen Mittel, Metalle, welche die größte Verwandtschaft zu Sauerstoff haben, Kalium und Natrium im erhitzten Zustande bedarf, um den Kohlenstoff abzuscheiden. Die Pflanze haftet mit ihren Wurzeln im Boden und empfängt dort aus den löslichen Humusstoffen einen geringen Theil ihres Kohlenstoffes, weit aus die größte Menge aber durch die in Folge Verwesung des Humus entstandenen Kohlensäure: Stamm, Stengel, Blätter und Blüthen, die in die Luft ragen, nehmen den Kohlenstoff allein aus der Kohlensäure der Luft auf. Die Menge des Kohlenstoffes, welche auf einer bestimmten Fläche Landes in den verschiedenen Ernten eingebracht wird, ist sehr beträchtlich und durch vielfache Wägungen bestimmt worden. So fand man z. B. in Frankreich, daß aus einer Hectare Landes, das voraus gut gedüngt worden war:

Im ersten Jahre bezogen wurde in Form von Kartoffeln und Kraut: Kohlenstoff = 1707 Kilogramm.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Im 2. Jahre. In Form von Weizenkörnern, Stoppeln und Stroh | = | 2072 | " |
| Im 3. Jahre. In Form von Klee und Wurzeln | = | 3209 | " |
| Im 4. Jahre. In Form von Weizenkörnern und Stoppelrüben | = | 2811 | " |
| Im 5. Jahre. In Form von Hafer, Stroh und Stoppeln | = | 1482 | " |

Summa in 5 Ernten, ohne daß eine Düngung dazwischen trat 11281 Kilogramm Kohlenstoff. Daraus folgt, daß im Durchschnitt per Jahr aus einer Hectare Landes 2256 Kilogramm Kohlenstoff in der Ernte erhalten werden. Ein hessischer Morgen ergab als Wald einen jährlichen Betrag von 1007, als Wiese von 1018, in Runkelrüben von 880 und in Getreide von 1044 ℔ Kohlenstoff. Berechnet man auch obige Resultate auf 1 hessischen Morgen um, so ergibt sich, daß der mittlere Ertrag an Kohlenstoff pro Morgen 1500 ℔ beträgt, eine Zahl, welche durch Kultur und sonstige günstige Verhältnisse ohne Zweifel noch gesteigert werden muß. Man hat berechnet, daß wenn 1/5 der Erdoberfläche = 43,124 Millionen hessischer Morgen als bebaut angenommen werden und jeder Morgen jährlich 2000 ℔ Kohlenstoff zur Vegetation brauchte, hiezu 300 Billionen ℔ Kohlensäure nöthig sein würden. Diese Summe übersteigt den kleinsten Anschlag für die Erzeugung von Kohlensäure, was aber nicht zu verwundern ist, wenn man bedenkt, daß sowohl die Berechnung der Produktion als der Consumtion von Kohlensäure nie auf sichere Grundlagen zurückzuführen möglich ist.

So hoch auch die Bedeutung der Kohlensäure als Pflanzennahrungsmittel angeschlagen werden muß, so ist doch hiemit ihre Funktion in der Natur nur zur Hälfte auseinander gesetzt. Die Kohlensäure ist es, welche im Verein mit Wasser und unter Mitwirkung wechselnder Temperatur nicht bloß die Verwitterung der Gesteine, sondern auch die Lösung eines Theiles

der für die Pflanzen nöthigen Aschenbestandtheile bewirkt. Langsam aber unwiderstehlich wirkt die an und für sich schwache Säure auf die kieselsauren Verbindungen der Alkalien ein, die Kohlensäure verbindet sich mit dem Alkali unter Abscheidung von Kieselsäure. Die kohlensauren Alkalien sind auflöslich, ebenso die frisch ausgeschiedene für viele Culturpflanzen so wichtige Kieselsäure. Der kohlensaue Kalk, die kohlensaure Bittererde, kohlensaures Eisen sind an und für sich ganz unlöslich im reinen Wasser. Das Regenwasser aber, welches aus der Luft und beim Durchsickern durch den Humus der Ackerkrume Kohlensäure aufgenommen hat, oder das Quellwasser, das beim Durchfließen durch die Erdschichten sich mit Kohlensäure sättigen konnte, ist nun mit dem Vermögen begabt, die genannten kohlensauren Salze zu lösen, indem die im Wasser enthaltene Kohlensäure die unlöslichen einfach kohlensauren Verbindungen in lösliche doppelt kohlensaure verwandelt. Es giebt kaum ein Quellwasser, das nicht, außer größern oder geringern Mengen von kohlensaurem Kalk, Bittererde und Eisen, Spuren von Alkalien, Kieselerde und organische Materien enthält, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man dasselbe abdampft.

Dem Chemiker stehen eine Menge Säuren zu Gebot, um die genannten Stoffe in Lösung überzuführen, aber nur die Kohlensäure allein wirkt bei ihrer Lösungsarbeit, auch wenn sie im Ueberschuß vorhanden ist, nicht giftig, und bietet zugleich noch der Pflanze den Kohlenstoff in der geeignetsten Form zur Aufnahme dar.

Aus Allem ergiebt sich:

1) Die Pflanze bezieht den geringsten Theil ihres Kohlenstoffes aus den Humuskörpern. Der Hauptlieferant des Kohlenstoffes ist die Kohlensäure, welche täglich nicht bloß durch die Verwesung des Humus, sondern noch durch viele andere Prozesse in ungeheurer Menge gebildet wird.

2) Die Kohlensäure ist Lösungsmittel. Sie vermittelt das Eingehen der kohlensauren Verbindungen des Kalkes, der Bittererde und des Eisenoxyduls, der Alkalien in den Organismus der Pflanze.

## Gährung und Verwesung (Fäulniß).

Gährung und Verwesung bedürfen deßhalb noch einer speziellen Erwähnung, weil durch sie die organischen Theile der Düngmittel so weit verändert werden, bis sie zum Eintritt in die Pflanze befähiget sind. Bei der Gährung hat man zwei Dinge ins Auge zu fassen: Erstens den Stoff, welcher die Gährung anregt, den Gährungserreger oder das Ferment, und zweitens denjenigen Körper, der durch das Ferment eine Zersetzung erleidet. Unter allen organischen Substanzen sind die stickstoffhaltigen am leichtesten zersetzbar, wohl deßhalb, weil der Stickstoff nur wenig Verwandtschaft zu den andern Elementen besitzt, mit denen er sich verbunden hat. Die Eiweißarten, Fleisch, Käse, Hefe rc. sind reich an Stickstoff und zeichnen sich vor allen andern Stoffen durch leichte Zersetzbarkeit oder Fäulnißfähigkeit aus, die sie auch auf andere Körper übertragen können, wenn sie mit ihnen in Berührung sind. Sie sind vornehmlich Fermente. Zur Einleitung der Gährung ist eine gewisse Wärme, Feuchtigkeit und wenigstens im Anfang der Zutritt der Luft nothwendig, damit das Ferment in Zersetzung übergehen kann. An den Zersetzungsprodukten hat das Ferment keinen Antheil; es trägt nur den Zustand der Zersetzung, in welchem es selbst begriffen ist, auf den Stoff über, welcher mit ihm in Berührung gebracht wird. Der frisch ausgepreßte Traubensaft enthält neben Zucker Eiweißstoffe, die bei der Berührung mit der Luft rasch in Zesetzung übergehen und diese Anderslagerung, diese Bewegung der Elemente im Ferment; denn das und nichts anders versteht man unter Zersetzung, pflanzt sich auch auf die Elemente des Traubenzuckers fort, so daß sie sich zu zwei neuen Stoffen, Kohlensäure und Weingeist, gruppiren; aber in keinem von beiden Zersetzungsprodukten kömmt etwas vom Fermente vor. Der Harn der Menschen und Thiere enthält neben vielen andern Bestandtheilen Harnstoff und Blasenschleim; der letztere wird bei der Berührung mit der Luft zu einem Ferment und bewirkt die Zersetzung des Harnstoffes unter Aufnahme von Wasser in Ammoniak und Kohlensäure:

$$\underbrace{N_2H_4C_2O_2}_{\text{Harnstoff.}} + 2HO = 2NH_3 + 2CO_2$$

Daher der häufig so intensive Geruch nach Ammoniak auf Abtritten. In den Bittermandeln, Pflaumen-, Kirsch- und Zwetschgenkernen kömmt das Amygdalin, ein weißer fester Körper und ein eiweißartiger Stoff, das Emulsin, vor. Uebergießt man die zerquetschten Bitterwandeln oder die genannten Kernen mit etwas Wasser und läßt sie in mäßiger Wärme an der Luft stehen, so erfolgt bald die Gährung, wobei Emulsin als Gährungserreger wirkt. Aus dem Amygdalin entstehen drei neue Substanzen, nämlich Zucker, Bittermandelöl und die so giftige Blausäure.

$$\underbrace{C_{40}H_{27}NO_{22}}_{\text{Amygdalin.}} + 4HO = \underbrace{2\,(C_{12}H_{12}O_{12})}_{\text{2 Aeq. Zucker.}} + \underbrace{C_{14}H_6O_2}_{\text{Bittermandelöl.}} + \underbrace{C_2NH}_{\text{Blausäure.}}$$

Das Bittermandelwasser der Apotheker wird auf die angegebene Weise fabrizirt und verdankt seine Wirksamkeit vornehmlich einem geringen Gehalt an Blausäure. Viele Stoffe haben an und für sich wenig Neigung zur Zersetzung, wie z. B. der Zellstoff der Pflanzen; dennoch unterliegen sie, wie bekannt, je nach den Verhältnissen in längerer oder kürzerer Zeit der Gährung und Verwesung. Der Grund ist ermittelt: Während der Vegetation entsteht in den Zellräumen Pflanzeneiweiß, das nach dem Ableben zum Ferment wird und die Fäulniß einleitet.

Ist bei der Gährung zu gleicher Zeit auch der Sauerstoff thätig und verbindet er sich mit den Gährungsprodukten, so tritt die Verwesung ein. Wir haben oben gezeigt, wie Zucker durch Einfluß von Hefe in Weingeist und Kohlensäure zerfällt, und Jedermann weiß, wie man aus Weingeist oder weingeisthaltigen Getränken (Wein, Bier, Branntwein) Essig erhält, wenn dieselben noch in Berührung mit Ferment (Essigmutter) an einem warmen Ort hingestellt werden, jedoch so, daß die Luft hineinkommen kann. Bei der Bildung von Essigsäure scheidet der Sauerstoff der Luft Wasserstoff aus dem Weingeist aus, während ein anderer Theil Sauerstoff hinzutritt, wie aus folgender Formel ersichtlich ist:

$$\underbrace{C_4H_6O_2}_{\text{Weingeist.}} + 4O = \underbrace{C_4H_4O_4}_{\text{Essigsäure.}} + 2HO.$$

Ammoniak ist das Gährungsprodukt der stickstoffhaltigen Materien und als solches unveränderlich; wenn aber die Temperatur gerade hoch genug ist und starke Basen in der Nähe sich befinden, so veranlassen sie das Ammoniak Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen und sich in Salpetersäure zu verwandeln, die dann mit den Basen zu Salzen sich verbindet.

$$NH_3 + 8O = NO_5 + 3HO.$$

Dieser Uebergang des Ammoniaks in Salpetersäure geht namentlich in feuchtwarmen Klimaten und auch sehr häufig bei uns in Ställen vor sich, wo sich an den Mauern Ausblühungen zeigen, die vornehmlich aus salpetersaurer Kalkerde bestehen. — Essigsäure und Salpetersäure sind, wie aus obigem fotgt, Verwesungsprodukte. Indessen lassen sich in den meisten Fällen die Produkte der Gährung und der Verwesung nicht in eine so einfache Beziehung zu der Muttersubstanz bringen wie in den angeführten Beispielen; sie sind bei vegetabilischen, besonders aber bei thierischen Stoffen sehr mannigfaltig und durch einen üblen stinkenden Geruch ausgezeichnet. Es braucht hier bloß an faule Eier, faules Fleisch oder faulende Excremente erinnert zu werden.

Im Leben kömmt es häufig vor, daß organische Körper vor Fäulniß geschützt werden sollen und es wird dieses Ziel auf verschiedenartige Weise erreicht: 1. Durch größtmögliches Austrocknen (Obst). 2. Durch Einsalzen (Fleisch), wodurch den organischen Materien die zur Gährung nöthige Feuchtigkeit entzogen wird. Bei der Räucherung wird dem Fleische nicht nur Wasser entzogen, sondern es zieht sich hiebei auch noch ein fäulnißwidriger Stoff, das Kreosot, in die Oberfläche desselben ein. 3. Durch Imprägniren (Durchfeuchten) mit Metallsalzen, Eisenvitriollösung oder einer Lösung von Aetzsublimat, ein Verfahren, das z. B. bei Holz und anatomischen Präparaten angewendet wird. Die Metallsalze führen hiebei den Eiweißkörper in einen solchen Zustand über, daß er nicht mehr gährungserregend zu wirken vermag; durch Hervorbringung einer sehr niedern Temperatur gelingt es ebenfalls, die Stoffe vor Fäulniß zu bewahren.

## Kreislauf des Kohlenstoffes.

Die Essigsäure ist nur das erste, nicht das einzige und letzte Verwesungsprodukt des Weingeistes; durch weitern Einfluß des Sauerstoffes wird unter gegebenen Verhältnissen ihr Kohlenstoff zu Kohlensäure, ihr Wasserstoff zu Wasser verbrannt. Ganz ähnlich verhält es sich mit den Humusmaterien und den auf das Feld gebrachten Düngmitteln, die ein Gemisch von Gährungs- und Verwesungsprodukten darstellen. Die Humusbestandtheile sind im Wasser zu wenig löslich (siehe oben), als daß sie den Pflanzen ihren Nahrungsbedarf liefern könnten, indem aber der Sauerstoff der Atmosphäre rastlos thätig ist, werden sie stets weiter oxydirt bis Wasser, Ammoniak (Salpetersäure) und Kohlensäure — als letzte Erzeugnisse der Gährung und Verwesung — zum Vorschein kommen. So löst sich denn nach einem ewigen, unveränderlichen Gesetze der Natur alles Organische, sei es pflanzlichen oder thierischen Ursprungs, in die Gase, Kohlensäure, Ammoniak und Wasser auf, während einzig das Unorganische, Knochen und Asche, noch die Stelle bezeichnen, wo die Auflösung stattgefunden hat. Im gewöhnlichen Leben hält man die organische Materie für verschwunden; allein sie kann nicht bloß nicht vergehen, in nichts sich auflösen, sondern sie bleibt in Folge ihrer Schwere auch an unseren Planeten gebunden und geht in den Luftkreis über. Die letzten Zersetzungsprodukte der Thiere und Pflanzen, Wasser, Ammoniak und Kohlensäure, enthalten nun den Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff in einer solchen Form, daß die bezeichneten Elemente ohne weitern Prozeß wieder aufnehmbar in den Organismus der Pflanze sind und ihr zu Nahrungsmitteln dienen. Auf diese Weise geht der aus verwesenden Pflanzen- und Thierstoffen frei gewordene Kohlenstoff in Form von Kohlensäure in die Luft, wird da von der Pflanzenwelt wieder aufgenommen; die ausgewachsenen Pflanzen aber dienen aufs Neue dem Thiere zur Nahrung, bis es sich zuletzt wieder in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak verwandelt. — Der Kohlenstoff beschreibt also auf der Erdoberfläche in den belebten Naturreichen einen ewigen Kreislauf. Als Element sich stets gleich

bleibend, ändert es je nach den Verbindungen, die es eingeht, seine äußere Gestalt. Das Kohlenstoffatom, das uns heute noch in den Verwesungsprodukten des Düngers anekelt, erscheint vielleicht Morgens schon in der herrlichsten Blume oder ladet später in Form von Gemüse oder Brot zum Genusse ein, wird darauf ein Bestandtheil des Körpers, also auch des Gehirnes, hilft in der Eigenschaft als Werkzeug des menschlichen Geistes seine Funktionen vermitteln. Was vom Kohlenstoff gesagt wurde, gilt natürlich auch von den übrigen Elementen: Tod und Verwesung von Pflanzen und Thieren werden in körperlicher Beziehung zum Fundamente der Entstehung und Erhaltung neuer Generationen. Eine wunderbare Einfachheit liegt in diesem Gange der Natur! Nach statistischen Notizen werden gegenwärtig alljährlich mehr als zwei Milliarden Centner Steinkohlen ausgebeutet und vornehmlich zur Ausbringung der Metalle aus den Erzen und zu ihrer Verarbeitung verwendet. Kaum denkt man daran, daß auch dieß für die Landwirthschaft noch von Bedeutung ist; denn weil hiebei Kohlensäure hervorgebracht wird, so heißt das auch alljährlich ein ungeheures Quantum bis jetzt todt gelegenen Kohlenstoffes wieder neu in den Kreislauf des Lebens einführen. Ganz gleich verhält es sich mit neuen Ansiedelungen und der Urbarmachung des Bodens. Zwar bleibt die Menge der Elemente oder der Materie auf der Erde stets dieselbe, wir wissen von keiner Vermehrung aus dem Weltraume; aber durch die Thätigkeit des Menschen, so wie durch die Vermehrung der Menschenzahl wird eine immer größere Masse ruhigen Stoffes zur Nahrung der Pflanze vorbereitet. Von Wasser, Kohlensäure, Ammoniak ꝛc. kann das Thier nicht leben; es bildet also die Pflanze das Vermittlungsglied zwischen den anorganischen Stoffen und dem Thierreich, in so fern sie die unorganischen, ungenießbaren Substanzen zu Zellstoff, Stärke, Zucker, Eiweiß, Kleber, Käsestoff u. s. w. verarbeitet, die nun fähig sind, vom Thiere verdaut zu werden und sich in Blut und Fleisch umzuwandeln. — Die Pflanzenwelt ist aber nicht nur die große Werkstärke, wo auf geheimnißvolle Weise die Nahrungsmittel der Pflanze sich zu Nahrungsmitteln des Thieres umgestalten; sie bedingt auch durch ihr Vermögen die Kohlen-

säure zu zerlegen, die Forterhaltung des thierischen Lebens; denn außerdem würde schon längst in Folge der seit Jahrtausenden vor sich gegangenen Verbrennungsprozesse die Atmosphäre an Sauerstoff verarmt, an Kohlensäure aber so bereichert worden sein, daß sie das Athmen nicht mehr zu unterhalten vermöchte.

Noch ist hier am Ort, einen Blick auf die wichtige Rolle zu werfen, welche der Sauerstoff bei den berührten Vorgängen spielt. Das physische Leben des Thieres besteht in einer fortwährenden Zersetzung und Wiederbildung seiner Körpertheile. Der Sauerstoff ist es, der die Zersetzungsprodukte so weit verändert, bis sie im Wasser gelöst als Harn, Schweiß ꝛc. aus dem Körper heraus gelangen können. Was durch die körperliche Bewegung zersetzt, durch den Sauerstoff verbrannt und löslich gemacht worden ist, wird durch die Nahrung wieder ersetzt; nach dem Tode aber bemeistert sich der Sauerstoff vollständig des hinterbleibenden Körpers. Durch die Gegenwart des Sauerstoffes wird die Gährung eingeleitet und dadurch das Gährungsmaterial gewissermaßen in mehrere Theile gespalten, die seiner Einwirkung noch mehr zugänglich sind und deßhalb um so eher bei der Verwesung verbrennen müssen.

So ist die Wirkung des Sauerstoffes eine unwiederstehliche. Die stolze Eiche, welche ein Jahrtausend audauert, und das verhältnißmäßig hinfällige Thier unterliegen auf gleiche Art seiner zerstörenden Macht. Durch den Sauerstoff wird der Tod der Pflanzen und Thiere zur ewigen Quelle neuen Lebens!

## Die Schwefelsäure. $SO_3, HO$.

Vorkommen: Im Gyps, der eine Verbindung von Schwefelsäure mit Kalkerde ist und hie und da bedeutende Lager bildet, wie z. B. im Jura. Ferner findet sich die Schwefelsäure gebunden an Baryt-, Strontian- und Bittererde, jedoch sind alle diese Verbindungen lange nicht in so großer Menge vorhanden wie die schwefelsaure Kalkerde.

Darstellung: Da die Schwefelsäure die stärkste aller bekannten Säuren ist, so läßt sie sich nicht durch eine andere Säure aus dem Kalk abscheiden; sie wird für technische Zwecke

künstlich dargestellt. Der Schwefel verbrennt angezündet an der Luft mit bläulicher Flamme und Verbrennungsprodukt ist ein erstickend riechendes, farbloses Gas, die schwefligte Säure, welche die Zusammensetzung $SO_2$ hat, also aus einem Aequivalent Schwefel und 2 Aequival. Sauerstoff besteht. Um nun die Schwefelsäure zu erhalten, läßt man in einer Kammer, die mit Bleiplatten ausgefüttert ist, schwefligt-saures Gas, Wasserdampf und Salpetersäure auf einander einwirken. Dabei gibt die Salpetersäure Sauerstoff an die schwefligte Säure ab, wodurch Schwefelsäure $SO_3$ entsteht, die zugleich auch Wasser aufnimmt. Durch Abdampfen wird hernach alles Wasser bis auf ein Aequivalent verflüchtigt und es bleibt das reine Schwefelsäurehydrat $SO_3,HO$ zurück, das in 100 Theilen aus

81,64 % wasserfreier Schwefelsäure und
18,36 % Wasser besteht.
100,00.

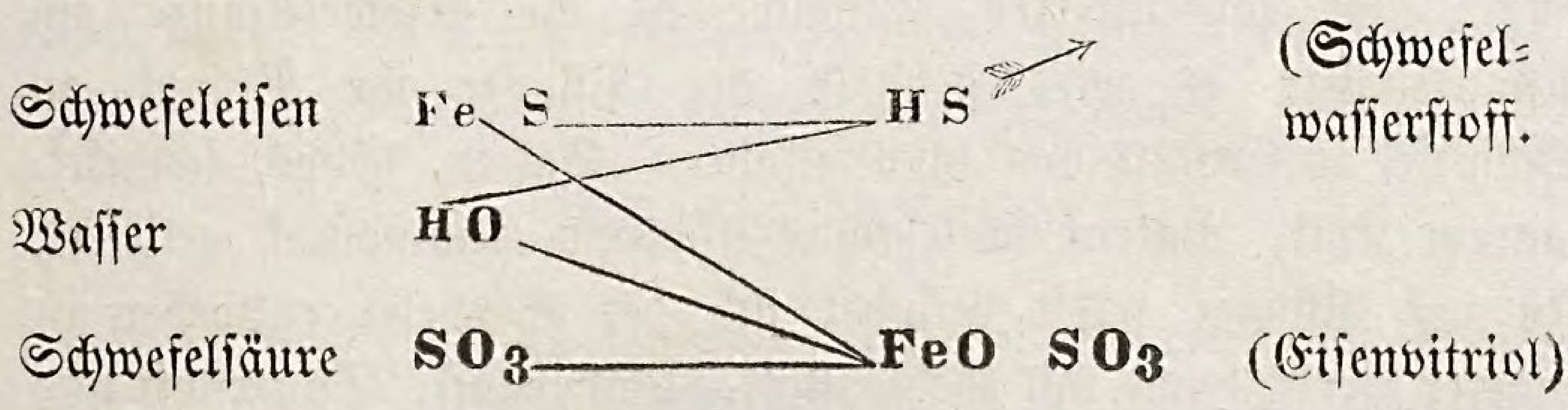
Eigenschaften: Das Schwefelsäurehydrat oder die englische Schwefelsäure ist im chemisch reinen Zustande eine farblose ölartige Flüssigkeit von 1,84 spec. Gewicht. Die im Handel vorkommende Säure ist in der Regel nicht farblos, sondern sieht gelblich oder bräunlich aus, was von organischen Materien, Staub 2c. herrührt, die bei der Fabrikation oder beim Verpacken hineingefallen sind. Sie siedet bei 326 ° und zeichnet sich durch große Verwandtschaft zu Wasser aus; sie läßt sich mit demselben unter starker Erhitzung mischen und bindet dabei noch mehr Wasser chemisch. Bei dieser Mischung von Schwefelsäure mit Wasser gießt man die Säure in einem dünnen Strahle in das Wasser und nicht umgekehrt Wasser in Schwefelsäure. Je mehr Wasser eine käufliche Schwefelsäure enthält, um so geringer ist ihr spec. Gewicht. In Folge ihrer großen Affinität zu Wasser zerstört sie auch fast alle organischen Materien, welche mit derselben in Berührung kommen; man hat sich deßhalb auch zu hüten, daß sie nicht auf die Kleider kömmt. Holz in concentrirte Schwefelsäure getaucht, wird nach ganz kurzer Zeit schwarz, verkohlt, indem sie demselben Sauerstoff und Wasserstoff in Form von Wasser entzieht und Kohle bloß legt. Sie ist aus demselben Grunde ein tödtliches Gift, wenn sie eingenommen

wird. Die Schwefelsäure ist die stärkste aller Säuren, indem sie alle übrigen aus ihren Verbindungen austreibt. Ihre Anwendung ist außerordentlich groß, da wenig Industriezweige sind, wo sie nicht Verwendung findet.

## Schwefelwasserstoff HS.

Vorkommen: In den Mineralwassern, die hepatische oder Schwefelwasser genannt werden, wie z. B. im Wasser von Schinznach. Nebstdem entsteht er bei der Fäulniß solcher organischer Substanzen, die schwefelhaltig sind, unter Anderm beim Faulen der Eier.

Darstellung: Schwefelwasserstoff läßt sich nicht direkt erhalten, indem Schwefel und Wasserstoff zusammen gebracht werden; richtet man aber den Prozeß so ein, daß Schwefel und Wasserstoff in dem Augenblick in Berührung gerathen, wo sie aus chemischen Verbindungen frei werden, so verbinden sie sich. Es ist überhaupt ein allgemeines Gesetz, daß die Elemente dann das größte Vereinigungsbestreben haben, wenn sie gerade aus einer andern chemischen Verbindung frei geworden sind. Bei der Darstellung des Schwefelwasserstoffes bewerkstelligt man dieses dadurch, daß man in einer Flasche mit Gasleitungsrohr Schwefeleisen bringt, Wasser und Schwefelsäure darauf gießt. Das Wasser wird hiebei zersetzt, der Sauerstoff geht an's Eisen, sowie die Schwefelsäure, während zu gleicher Zeit der Schwefel vom Eisen und der Wasserstoff vom Wasser ausgeschieden werden und sich chemisch vereinigen, nach folgendem Schema:




Eigenschaften: Ist ein farbloses Gas von sehr unangenehmem Geruch nach faulen Eiern. Der Schwefelwasserstoff ist schwerer als die Luft; sein spec. Gewicht ist = 1,19; rein eingeathmet wirkt er tödtlich. Beim Anzünden verbrennt er mit

bläulicher Flamme zu Wasser und schwefligter Säure; schon durch Zusatz von rauchender Salpetersäure ist die Entzündung möglich. Ein Volumen Wasser kann $2\frac{1}{2}$ Volumen Schwefelwasserstoffgas aufnehmen und es entsteht das Schwefelwasserstoffwasser, welches denselben unangenehmen Geruch wie das Gas besitzt. Aus vielen Metallsalzen, die im Wasser gelöst sind, fällt Schwefelwasserstoffgas beim Einleiten das Metall als Schwefelmetall heraus, d. h. das Metalloxyd oder die Salzbasis und Schwefelwasserstoff setzen sich gegenseitig in Wasser und Schwefelmetall um, wobei die Schwefelverbindung sich ausscheidet, indem sie im Wasser unlöslich ist. Wird zum Beispiel Schwefelwasserstoffgas in die Lösung von Kupfervitriol (schwefelsaurem Kupferoxyd) geleitet, so entsteht augenblicklich ein schwarzer Niederschlag, eine Ausscheidung von im Wasser unlöslichem Schwefelkupfer.

$$\underbrace{CuO, SO_3}_{\text{Kupfervitriol.}} + HS = \underbrace{CuS}_{\text{Schwefelkupfer.}} + SO_3 + HO.$$

Bei manchen Metallsalzen erhält man hiedurch charakteristisch gefärbte Niederschläge und es ist begreiflich wie der Chemiker an Schwefelwasserstoff ein Mittel hat, die Gegenwart gewisser Metalle zu erkennen. Uebrigens wirkt das Gas auch schon auf blanke Metalle ein, so werden silberne Gegenstände in Küchen rasch geschwärzt, wenn auch nur geringe Mengen desselben vorhanden sind; es beruht dieß auf einer Bildung von Schwefelsilber an der Oberfläche.

Bedeutung der Schwefelsäure für die Agricultur. Im concentrirten Zustande ist die Schwefelsäure ein Pflanzengift; es wird deßhalb der Pflanze ihr Bedarf an Schwefel in Gestalt von schwefelsauren Salzen, Gyps, schwefelsaurem Kali, Natron und schwefelsaurem Ammoniak geliefert. In der Pflanze selbst befindet sich der Schwefel entweder in engerer Verbindung mit Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, so in den Eiweißstoffen, Albumin, Fibrin, Cascein und einigen ätherischen Oelen, Senf- und Knoblauchöl oder er ist in den schwefelsauren Salzen der Asche enthalten. Der Gehalt an Schwefel sowohl in den Albuminaten, deren Zusammensetzung später angeführt werden soll, als in den Pflanzenaschen

ist nur ein geringer; die meisten Aschen enthalten bloß 1—2 % Schwefelsäure. Größere Mengen werden indessen gefunden in den Aschen von:

| | |
|---|---|
| Weißen Rüben | 7—10 % |
| Kohl | 7—11 |
| Rapsstroh | 5—12 |
| Klee | 2—7 |
| Kartoffeln | 2—8 |
| Zwiebeln | 6 |

Die schwefelsauren Verbindungen sind übrigens in der Pflanze nicht gleichmäßig vertheilt, die weichen Theile, Blätter und Rinde enthalten mehr davon als die holzigen.

Alle angeführten schwefelsauren Salze sind im Wasser auflöslich und überall in größerer oder geringerer Menge in der Ackererde vorhanden; das schwefelsaure Ammoniak bildet sich ohne Zweifel größtentheils durch die Wechselwirkung des durch die Verwesung stickstoffhaltigeu Düngers entstehenden kohlensauren Ammoniaks mit schwefelsaurer Kalkerde. Man kann annehmen, daß diese Salze ohne Weiteres in die Pflanze eingehen und insoweit sie Aschenbestandtheile bilden, ohne Veränderung dort verbleiben, mit Ausnahme des kohlensauren Ammoniaks. Ganz anders verhält es sich aber mit dem Schwefel der angeführten Oele und der Eiweißkörper, die den Schwefel nicht mehr als Schwefelsäure enthalten. Es läßt sich diese Thatsache nur durch die Annahme erklären, daß, wie die Pflanzen die Kohlensäure zerlegen, um sich den Kohlenstoff anzueignen, sie auch das Vermögen haben, die Schwefelsäure zu zersetzen und unter Assimilation des Schwefels den Sauerstoff auszuscheiden.

## Phosphorsänre $PO_5 3HO$.

Vorkommen: Die Phosphorsäure ist nirgends frei in der Natur, sondern findet sich hauptsächlich an Kalkerde gebunden in der phosphorsauren Kalkerde (Apatit, Phosphorit). Diese kommt in geringer Menge in den meisten Gesteinen, sowie in der Ackererde vor.

Darstellung: 1) Durch Verbrennen des Phosphors in einem abgeschlossenen Luftraum. 2) Durch Kochen von Phosphor

mit Salpetersäure, die dabei einen Theil ihres Sauerstoffs abgiebt und den Phosphor in Phosphorsäure überführt. 3) Aus Knochen durch Zusammenbringen derselben mit Schwefelsäure. Wie schon beim Phosphor angeführt, bestehen dieselben der Hauptsache nach aus phosphorsaurer Kalkerde, die durch Behandeln mit Schwefelsäure in Gyps sich verwandelt, während die Phosphorsäure abgeschieden wird.

Eigenschaften. Die Phosphorsäure ist im wasserfreien und wasserhaltigen Zustande bekannt. Die wasserfreie Phosphorsäure, welche man durch Verbrennen von trockenem Phosphor in trockener Luft oder trockenem Sauerstoffgas erhält, stellt ein vollkommen weißes, amorphes Pulver dar. Sie zieht rasch aus der Luft Feuchtigkeit an und zerfließt. Wird Wasser auf dieselbe gegossen, so zischt sie, indem sie sich chemisch damit verbindet, Wärme entwickelt und sich dann löst. Das Wasser bekömmt einen sehr stark sauren Geschmack und saure Reaction. Durch Erhitzen von Phosphor mit mäßig starker Salpetersäure oder durch Zusatz von verdünnter Schwefelsäure zu gebrannten Knochen und Erwärmen wird die wasserhaltige Phosphorsäure $PO_5, 3HO$ dargestellt. Der Gyps scheidet sich dabei, weil schwerlöslich, größtentheils aus, während die Phosphorsäure sich im Wasser löst und davon abfiltrirt werden kann. Indem man nun das Filtrat (die vom Gyps ablaufende saure Flüssigkeit) in nicht zu starker Hitze abdampft, bekommt man die Säure als eine stark saure syrupartige Masse. Im reinen Zustande ist sie im Wasser leicht löslich; in der Regel enthält sie aber noch etwas Kalk und Magnesia, von den Knochen herrührend und löst sich nicht ganz auf.

Bedeutung der Phosphorsäure für die Agricultur. Die Phosphorsäure und ihre Verbindungen sind im Leben der Pflanze von außerordentlicher Wichtigkeit und man hat um so mehr für die Erhaltung derselben im Boden zu sorgen als sie gegenüber der Schwefelsäure durchschnittlich in viel geringerer Menge in der Ackererde enthalten ist. Auch der Phosphor ist theils in engerer Verbindung mit den eigentlichen organischen Elementen, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, theils als Phosphorsäure an Basen gebunden in der

Asche vorhanden. Die Salze der Phosphorsäure, die man aber stets nur in geringem Maß als Bestandtheile der Ackerkrume findet, sind phosphorsaure Kalk- und Bittererde, bisweilen auch phosphorsaure Ammoniak-Bittererde und phosphorsaures Eisenoxyd. Sie sind als solche im Wasser unlöslich und werden erst durch Mitwirkung der im Wasser gelösten Kohlensäure, sowie der schwefelsauren, salpetersauren und namentlich der Chlorverbindungen der Alkalien in Lösung übergeführt und dadurch zur Aufnahme in die Pflanze tauglich gemacht. Die phosphorsauren Alkalien der Pflanzenaschen sind das Produkt der Umsetzung (Wechselzersetzung) zwischen den Alkalisalzen und den angeführten phosphorsauren Verbindungen.

Die phosphorsauren Salze sind nun vor Allem für die Erzeugung des Saamens, also desjenigen Theils der Pflanze von der größten Bedeutung, der reich ist an stickstoffhaltigen Materien, wie Eiweiß, Kleber und Käsestoff. Bei Mangel an Phosphorsäure ist keine gehörige Entwicklung des Saamens möglich. Untersuchungen über das Verhältniß zwischen Phosphorsäure und Stickstoff in den Eiweißkörpern des Saamens haben gezeigt, daß auf 1 Theil Phosphorsäure durchschnittlich 2 1/4 % Stickstoff kommt. Die Aufnahme des Stickstoffs, oder was dasselbe heißen will, die Bildung der für das Leben des Thieres so wichtigen Eiweißsubstanzen in der Pflanze ist abhängig von der Gegenwart der Phosphorsäure.

Wie reich die Aschen der vorzüglichsten Culturpflanzen an Phosphorsäure sind, zeigt folgende Zusammenstellung:

Es sind enthalten in der Asche von:

| | | |
|---|---|---|
| Roggen | 40—50 % | Phosphorsäure. |
| Waizen | 34—48 „ | „ |
| Gerste | 26—32 „ | „ |
| Hafer | 14—26 „ | „ |
| Erbsen bis | 40 „ | „ |
| Bohnen | 30—37 „ | „ |
| Klee | 7—12 „ | „ |
| Weinreben | 7 „ | „ |
| Mohnsaamen | 31 „ | „ |

Die Früchte der Cerealien und Leguminosen (Getreidearten und Hülsenfrüchte) sind durch ihren Reichthum an Phosphorsäure hervorragend und wir machen hier schon darauf aufmerksam, wie sehr man bei der Anpflanzuug derselben sich von einer allmäligen Erschöpfung des Bodens an Phosphorsäure zu hüten hat.

## Kieselsäure $SiO_3$.

Vorkommen: Wie schon aus dem Vorkommen des Kiesels (siehe oben pag. 30) hervorgeht, ist Kieselsäure ein Hauptbestandtheil der uns bekannten Erdrinde. Sie ist theils frei, theils an Basen gebunden in den Silicaten (kieselsauren Verbindungen).

Eigenschaften: Die Kieselsäure existirt im wasserfreien und wasserhaltigen Zustande. — Wasserfreie Kieselsäure sind Bergkrystall, Quarz, Amethyst, Jaspis, Sand, die Sandsteinkörner ꝛc., die wasserhaltige Kieselsäure zeigt ebenfalls mehrere Abänderungen, wie Opal, edler und gemeiner, Hyalith, Halbopal ꝛc.

Der Bergkrystall bildet sechsseitige Säulen in Verbindung mit der sechsseitigen Pyramide, ist farblos, durchsichtig, äußerst schwer schmelzbar und so hart, daß er Glas ritzt. Er wird von keiner Säure, mit Ausnahme der Fluß- oder Fluowasserstoffsäure gelöst; im Wasser ist er ganz unlöslich. Wegen dieser Unlöslichkeit hat der Bergkrystall keinen sauren Geschmack, noch saure Reaction und erweist sich nur dadurch als Säure, daß er sich mit Basen verbinden kann. Er ist der reinste Quarz. — Der Quarz, es gehört dazu auch unser Feuerstein, ist in seinen verschiedenen Modifikationen selten krystallisirt, meist derb und in Bezug auf seine übrigen Eigenschaften mit dem Bergkrystall übereinstimmend. Die Sandsteine bestehen aus Quarzkörnern, die durch ein kalkiges oder thoniges Bindemittel verkittet sind; häufig ist auch Eisenoxyd darin enthalten und die Sandsteine sind dann roth gefärbt. Der Opal ist nie krystallisirt, bildet derbe, glasartige Massen vom muschligem Bruch; er ist theils durchsichtig, theils undurchsichtig, glas- oder fettglänzend, wasserhell, weiß, gelb oder verschieden gefärbt.

Alle angeführten Formen der Kieselsäure sind im Wasser unlöslich; schmilzt man aber dieselben mit kohlensauren Alkalien, Potasche oder Soda, zusammen, so entstehen kieselsaure Salze, aus denen die Kieselsäure durch Zusatz stärkerer Säuren wieder ausgeschieden wird. Diese ausgeschiedene Kieselsäure ist nun aber im Wasser löslich geworden. Deßhalb unterscheidet man eine im Wasser lösbare und eine im Wasser unlösliche Art von Kieselsäure. Die im Wasser lösliche Kieselsäure ist wasserhaltig; dampft man ihre Lösung ab und erhitzt sie etwas stark, so geht sie wieder in den unlöslichen Zustand über.

Bedeutung für die Agricultur: Die Form, in welcher die Kieselsäure in die Pflanze kommt, ergiebt sich aus ihren Eigenschaften. Da die freie Säure im Wasser ganz unlöslich ist, so kann sie bloß durch Vermittlung der Alkalien löslich gemacht werden oder, wie die Erfahrung gelehrt hat, vermag die sonst so schwache Kohlensäure durch lang andauernde Einwirkung die kieselsauren Verbindungen zu zersetzen und die Kieselsäure gelangt durch Vermittlung der Kohlensäure in das Pflanzenreich.

Viele Pflanzen, namentlich aber die Gramineen, wozu unsere Getreidearten und Gräser gehören, sind außerordentlich reich an Kieselsäure; die Steifheit des Stengels und die scharfen Kanten der Blätter haben ihren Grund in dem großen Gehalt an dieser Säure. Die Untersuchungen ergaben, daß Kieselsäure enthalten ist in der Asche von

| | | |
|---|---|---|
| Roggenstroh | 57—66 | % |
| Waizenstroh | 64—74 | |
| Gerstenstroh | 45—49 | |
| Haferstroh | 49—54 | |
| Wiesenheu | 34—52 | |

Die Körner enthalten dagegen viel weniger Kieselsäure, so z. B. die

| | | |
|---|---|---|
| Roggenkörner | 0,1—3 | % |
| Waizenkörner | 0,15—3 | |
| Gerstenkörner | 17—33 | |

Während die Phosphorsäure auch Bedeutung für das Thierreich hat, insofern sie das Knochengerüste mit zusammensetzt, ist das bei der Kieselsäure weniger der Fall. Indessen bestehen die

Panzer der Kieselinfusorien daraus, von denen man in neuerer Zeit ganze Lager aufgefunden hat. Merkwürdigerweise enthalten die Panzer die lösliche Modifikation.

## Die für den Ackerbau wichtigen Verbindungen des Kaliums.

1. Die Potasche (kohlensaures Kali, $KO,CO_2$). Die beim Verbrennen der Landpflanzen zurückbleibende Asche besteht der Hauptsache nach aus kohlensaurem Kali, außerdem sind darin schwefelsaures Kali, Chlorkalium, kohlensaure und phosphorsaure Kalkerde, Kieselsäure und kieselsaure Salze 2c. enthalten. Diese Bestandtheile sind theils im Wasser löslich. Beim Auslaugen von gewöhnlicher Asche mit Wasser lösen sich Potasche, schwefelsaures Kali und Chlorkalium auf; die andern Stoffe bleiben nebst etwas unverbrannter Kohle zurück. Durch Eindampfen der wässerigen Lösung und nachheriges Glühen, um noch allfällig vorhandene organische Materie zu zerstören wird die gewöhnliche Potasche des Handels erhalten, die aber noch nicht chemisch reines kohlensaures Kali ist, sondern stets noch kleinere oder große Mengen kieselsaures und schwefelsaures Kali einschließt. Ganz reine Potasche stellt man in der Regel durch Glühen von reinem Sauerkleesalz (oxalsaurem Kali) oder Weinstein dar.

Eigenschaften: Das kohlensaure Kali des Handels stellt ein weißes körniges Pulver dar und ist nur schwer krystallinisch zu erhalten. In Wasser ist es sehr leicht löslich und an der Luft zerfließlich, d. h. es zieht schon den Wasserdampf aus der Luft an und löst sich, wenn es nicht in gut verschließbaren Gefäßen aufbewahrt wird, darin auf. Das kohlensaure Kali läßt sich in der Hitze schmelzen, verliert aber seine Kohlensäure nicht; um ihm dieselbe zu entziehen muß man es im Wasser lösen und mit gelöschtem Kalk, d. i. Kalkhydrat $CaOHO$ kochen, wobei das Wasser des Kalkhydrates an Kaliumoxyd und die Kohlensäure an Kalkerde übergeht.

$$KO,CO2 = KO,HO$$

$$\times$$

$$CaO,HO \quad CaO,CO_2.$$

Der kohlensaure Kalk setzt sich am Boden nieder, während die Aetzkalilösung oben schwimmt; sie wird abgenommen und eingedampft, bis alles Wasser mit Ausnahme des chemisch gebundenen verdrängt ist. Das Aetzkali ist weiß und schmilzt in der Hitze zu einer ölartigen Flüssigkeit. An der Luft zieht es Wasser und Kohlensäure an. Das Aetzkali hat einen äußerst stark alkalischen Geschmack und zerstört, ätzt organische Materien, z. B. Haut, daher sein Name Aetzkali, es wird auch wirklich zu diesem Behufe in der Medizin gebraucht. — Es ist die stärkste Salzbasis.

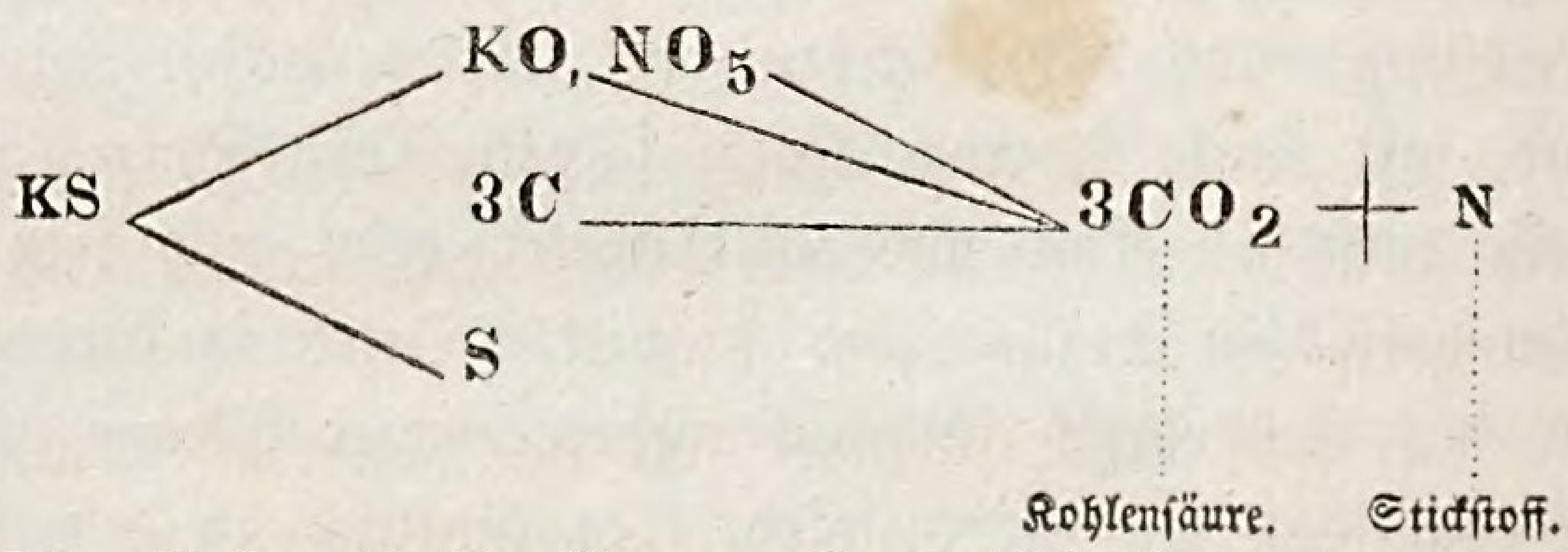
Die Potasche hat mannigfaltige technische Anwendung, wie unter anderem zur Fabrikation des Glases, welches durch Zusammenschmelzen von Sand, Potasche, Kalk oder Bleioxyd erhalten wird, zur Darstellung von Seifen, zum Waschen.

2. Salpeter (salpetersaures Kaliumoxyd) $KO,NO_5$.

Entstehung des Salpeters. Die Salpetersäure ist das Verwesungsprodukt stickstoffhaltiger Körper (siehe oben Gährung und Verwesung) und bildet hierauf mit starken Basen, die zugegen sind, mit Kali, Natron, Kalk, salpetersaure Salze. Auf diese Weise entstehen Kali und Kalksalpeter oder auch salpetersaures Ammoniak in Ställen und an vielen Orten in den obern Schichten des Erdbodens in nicht unbedeutender Menge. Die größte Menge des Salpeters wird aber künstlich in den Salpeterhütten gewonnen, wo man die Verhältnisse, unter welchen sich der Salpeter in der Natur bildet, nachahmt. Schichtet man Straßenkehricht, Mauerschutt, thierische Abfälle und Holzasche in Häufen auf und läßt sie 2—3 Jahre lang liegen, indem sie von Zeit zu Zeit mit Urin begossen werden, so erzeugt sich während dieser Zeit eine Menge Salpeter, der durch Wasser ausgelaugt werden kann. Diese Salpeterbrühe ist braun gefärbt; sie enthält neben salpetersaurem Kali noch andere Salze, die durch Reinigungsprozesse entfernt werden; die gereinigte Salpeterlösung wird zuletzt bis zum Krystallisiren abgedampft.

Eigenschaften: Der Salpeter ist fest, farblos und krystallisirt in sechsseitigen Säulen; die Krystalle werden um so größer, je langsamer die Verdunstung der Lösung vor sich geht. Er ist im Wasser leicht löslich und hat einen salzigen, zugleich

aber auch kühlenden Geschmack. Beim Erhitzen schmilzt er zuerst und gibt dann Sauerstoff ab. Sind hiebei Stoffe vorhanden, welche leicht brennbar sind, wie Kohle, Phosphor, Schwefel ꝛc., so brennen sie auf Kosten des vom Salpeter abgegebenen Sauerstoffes augenblicklich ab; sie verpuffen. Hierauf gründet sich die Verwendung des Salpeters zur Fabrikation des Schießpulvers, das ein Gemisch von Salpeter, Kohle und Schwefel ist. Es kommen darin auf ein Aequivalent Salpeter, 3 Aequivalente Kohle und 1 Aequivalent Schwefel oder mit andern Worten, es werden zur Darstellung von 100 Theilen z. B. einem Centner Schießpulver in runden Zahlen 75 ℔ Salpeter, 13 ℔ Kohle und 12 ℔ Schwefel genommen, innig gemischt und zu Körnern geformt. Beim Abbrennen desselben verwandelt der Sauerstoff des Salpeters den Kohlenstoff in Kohlensäure, der Stickstoff der Salpetersäure wird frei und Schwefelkalium bleibt zurück, wie folgendes Schema zeigt:




Die Gase, Kohlensäure und Stickstoff, nehmen aber einen mehr als tausendmal so großen Raum als das angewandte Pulver ein und in Folge dessen werden die Kugeln mit großer Gewalt aus dem Laufe der Geschütze getrieben. Außerdem dient der Salpeter in der Technik noch zur Darstellung der Salpetersäure und andern Zwecken.

3. Schwefelsaures Kali $KO,SO_3$. Entsteht, wenn zu Aetzkalilösung so lange Schwefelsäure gesetzt wird, bis der Laugengeschmack der Basis verschwunden und ein salziger an dessen Stelle getreten ist; außerdem ist schwefelsaures Kali im Meerwasser, in der Asche der Land- und Seepflanzen, sowie auch in vielen Quellwassern, in der Ackererde ꝛc. enthalten.

Eigenschaften: Es bildet säulenförmige, harte Krystalle, ist im Wasser etwas schwer löslich; schmilzt in der Hitze ohne Zersetzung.

Kieselsaures Kali. Kieselsäure in Form von gepulvertem Quarz, Bergkrystall, Quarzsand u. s. w. läßt sich in mehrern Verhältnissen mit Kali oder Potasche zusammenschmelzen. Nimmt man auf 10 Theile kohlensaures Kali 15 Theile Quarzpulver, so verbinden sich die beiden zu einem weißen Körper, dem sogenannten Fuchs'schen Wasserglas, während die Kohlensäure entweicht. Das Wasserglas ist durch Kochen mit Wasser darin auflöslich und bleibt beim Verdunsten desselben als eine farblose glasartige Masse zurück. In der Natur findet sich das kieselsaure Kali nicht als solches vor, sondern stets in Verbindung mit andern kieselsauren Salzen, namentlich mit kieselsaurer Thonerde im Feldspath.

Phosphorsaures Kali. Es giebt mehrere Arten. Wird die aus den Kochen abgeschiedene Phosphorsäure mit kohlensaurem Kali abgestumpft, so geht die Kohlensäure weg und beim Abdunsten bleibt ein Salz zurück, das aus 1 Aequival. Wasser, 2 Aequivalenten Kali und 1 Aequivalent Phosphorsäure besteht. $HO,2KO,PO_5$.

Eigenschaften: Bildet unregelmäßige, im Wasser leicht lösliche Krystalle. In der Ackererde ist phosphorsaures Kali nur in äußerst geringer Menge vorhanden.

Chlorkalium KCl. Findet sich im Meerwasser und in fast jeder Pflanzenasche. Durch Zusammenbringen von Aetzkali mit Salzsäure ist es künstlich darstellbar $KO + HCl = KCl + HO$.

Eigenschaften: Krystallisirt in Würfeln wie Kochsalz und ist demselben sehr ähnlich. Im Wasser ist es leicht auflöslich.

Humussaure Alkalien. Bilden sich in der Ackererde durch Berührung der Humuskörper mit kohlensaurem Alkali.

Bedeutung der Kalisalze für die Agricultur. Die Wichtigkeit des Kaliums und seiner Verbindungen für die Pflanzen ist in die Augen fallend, indem der lösliche Theil der Asche der Landpflanzen aus Potasche, schwefelsaurem Kali, Chlorkalium ꝛc. besteht. Das wichtigste und am häufigsten vorkommende Kalisalz in der Ackerkrume ist das kieselsaure Kali, das zugleich mit dem Thon durch Verwitterung des Feldspathes oder feldspathhaltiger Gesteine entstanden ist. Die so günstige Wir-

kung des Mergels, welcher der Hauptsache nach aus Thon und kohlensaurem Kalk besteht, ist vor Allem dem im Thone eingeschlossenen kieselsauren Kali oder noch unverwittertem Feldspath zuzuschreiben; auch in vielen Kalksteinen hat man Kali, wenn auch nur in sehr geringer Quantität aufgefunden. Schwefelsaures, phosphorsaures Kali, Chlorkalium und die humussauren Verbindungen des Kaliumoxydes sind im Wasser löslich und treten ohne Weiteres in die Pfanne ein; der Feldspath dagegen muß zuerst in Verwitterung übergehen, d. h. sich in Thon und kieselsaures Alkali zerlegen, worauf Letzteres theils als solches von den Pflanzen aufgenommen wird, theils eine weitere Zersetzung durch Kohlensäure erleidet und in kohlensaures Kali und Kieselsäure übergeht. Beide, Kieselsäure (siehe oben) und kohlensaures Kali, sind jetzt von der Pflanze assimilirbar. Höchst irrig wäre nun aber die Ansicht, das kohlensaure Kali bleibe als solches in der Pflanze; es bilden sich im Gegentheil während dem Wachsthum organische Säuren, die sich mit dem Kali der Potasche zu Salzen vereinigen. Im Sauerklee finden wir Kali an Oxalsäure, im Traubensaft an Weinsäure gebunden; beim Verbrennen der Pflanzen wird die organische Säure zerstört und theilweis in Kohlensäure verwandelt, die mit dem Kali wieder zu Potasche zusammentritt, welche dem Einflusse der Hitze widersteht. Die Kalisalze versehen aber nicht bloß das Pflanzenreich mit dem so nothwendigen Kalium; sie vermitteln auch den Eintritt anderer für dasselbe nothwendigen Nahrungsstoffe: Humussaure Alkalien liefern Kohlenstoff, kieselsaures, phosphorsaures, schwefelsaures Kali und Chlorkalium, Kieselsäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Chlor; Salpeter endlich neben Kali, den für die Pflanzen so werthvollen Stickstoff. — Daß Chlorkalium und die Chlorverbindungen der Alkalien überhaupt bei der Lösung der phosphorsauren Kalkerde thätig sind, wurde schon früher erwähnt.

Die Pflanzenaschen enthalten durchschnittlich 10 bis 20 % Kalisalze; die indessen nicht gleich vertheilt in den Organen vorkommen; am meisten findet man wiederum in den Wurzeln, Blättern und überhaupt den fleischigen Theilen, weniger in den holzigen.

Man hat gefunden an Kali in den Aschen von:

| | |
|---|---|
| Waizen | 30—37 % |
| Roggen | 34 |
| Gerste | 21—37 |
| Hafer | 13—24 |
| Erbsen | 22—43 |
| Bohnen | 36—48 |
| Traubenmost | 63—71 |
| Rüben | 21—44 |
| Birnen | 55 |
| Aepfeln | 36 |
| Kirschen | 52 |
| Kartoffeln | 50—56 |
| Zwiebeln | 32—43 |
| Tabaksblätter | 27 |

## Für den Ackerbau bemerkenswerthe Verbindungen des Natriums.

**Soda** (kohlensaures Natron) $NaO,CO_2 + 10HO$. Wittert in einigen Ländern, z. B. in Ungarn, aus der Erde aus oder bleibt beim Austrocknen mancher Seen, so in Aegypten, am Boden zurück. Die Asche der Strand- und Meerespflanzen sind ebenso durch ihren Gehalt an Soda ausgezeichnet, wie die Asche der Landpflanzen an Potasche.

Darstellung. Entweder aus der Asche der Strand- und Meerespflanzen (natürliche Soda, Soda von Alicante, Kelp und Varec) durch Prozesse, wie sie bei der Potasche angeführt wurden oder künstlich aus Kochsalz, indem man dasselbe zuerst durch Erhitzen mit Schwefelsäure in schwefelsaures Natron, Glaubersalz, überführt, dann mit kohlensaurem Kalk und Kohle glüht, auslaugt und abdampft.

Eigenschaften: Die im Handel vorkommende Soda bildet eine klare krystallinische Masse, die in trockener Luft rasch verwittert und an der Oberfläche in ein weißes Mehl übergeht, indem sie einen Theil ihres Krystallwassers verliert. Sie löst sich im Wasser leicht auf und schmeckt alkalisch (laugenartig).

In der Hitze verliert das kohlensaure Natron wohl das Wasser; die Kohlensäure aber ebenso wenig als die Potasche. Um das Aetznatron NaO,HO zu erhalten, muß man gerade so verfahren wie es bei der Potasche angegeben wurd; seine Eigenschaften sind auch fast dieselben wie diejenigen des Aetzkali's.

Die Soda wird in außerordentlich großer Menge, vorzüglich zur Seifen- und Glasfabrikation verbraucht.

## Salpetersaures Natron (Chilisalpeter) $NaO,NO_5$.

Chilisalpeter hat man in ausgedehnten Lagern in Amerika, in der Gegend der Grenze von Peru und Chili aufgefunden. Ohne Zweifel ist dieser Natronsalpeter in der Vorzeit durch ähnliche Prozesse wie heut zu Tage der Kalisalpeter entstanden. Der ausgegrabene Körper ist indessen nicht reines salpetersaures Natron; er kann bis 30 % andere Salze, namentlich Kochsalz einschließen.

Eigenschaften: Der Chilisalpeter krystallisirt in Rhomboëdern, welche Krystallgestalt dem Würfel ähnlich sieht, weßhalb das salpetersaure Natron auch den Namen kubischer Salpeter bekommen hat. Er ist im Wasser leicht löslich und hat wie der Kalisalpeter einen salzig-kühlenden Geschmack; stimmt überhaupt in Bezug auf seine Eigenschaften mit Kalisalpeter überein, nur ist er an der Luft zerfließlich; eignet sich aus diesem Grunde auch nicht für die Darstellung des Schießpulvers.

In den Gewerben stellt man aus Chilisalpeter vermittelst Destillation mit Schwefelsäure eine unreine Salpetersäure, das sogenannte Scheidwasser dar. Außerdem dient er zur Fabrikation von chromsaurem Kali und Chromgelb &c.

## Kochsalz. (Chlornatrium) NaCl.

Vorkommen. 1) Im Meerwasser, das 2,5 bis 2,7 % davon enthält. 2) Im Innern der Erde und zwar in der Triasformation, welche unter dem Jura liegt, theils fest (Steinsalz), theils aufgelöst.

Darstellung: Wo das Kochsalz fest und gehörig rein vorkommt, wird es ausgegraben und unmittelbar in den Handel gebracht. Solche Steinsalzbergwerke sind zu Wielizka in Gali-

zien, Cordova in Spanien u. s. w. Anderwärts wird das Salz dadurch gewonnen, daß man Bohrlöcher schlägt, und wenn man auf flüssige Soole gestoßen ist, dieselbe heraufpumpt oder wenn das Kochsalz in fester Form vorhanden ist, Wasser herunterläßt und dann auf dieselbe Weise das salzhaltige Wasser zu Tage fördert. Bei dem geringen Preise des Kochsalzes würde aber ein sofortiges Abdampfen des Letzteren viel zu viel Brennmaterial erfordern, weßhalb ein großer Theil des Wassers zuerst durch die Gradirwerke entfernt wird. Es sind dieß aufgeschichtete Haufen von Dornen oder Reisern, wo die Soole hindurchsikern gelassen wird, dabei sich auf eine große Fläche verbreitet, mit viel Luft in Berührung kommt und an dieselbe Wasser abgiebt, und so concentrirter wird. Ist das Wasser durch diese Operation so weit verdunstet, daß es 25 % Kochsalz enthält, so kömmt es auf große Pfannen, unter die gefeuert wird, bis sich das Salz in fester Form ausscheidet, worauf es noch in Trockenräumen von anhängender Feuchtigkeit befreit wird. Die natürlichen Soolen sind in der Regel schon salzhaltig genug und werden unmittelbar auf die Pfannen geleitet. In südlichen Gegenden wird durch Benutzung der Sonnenwärme Kochsalz aus dem Meerwasser bereitet, indem man am Ufer Bassins gräbt, das Meerwasser herein läßt, worauf in Folge Verdunstung des Wassers das Chlornatrium sich ausscheidet.

Eigenschaften: Das Kochsalz krystallisirt in farblosen Würfeln von rein salzigem Geschmack. Die Krystalle sind meist in einander verwachsen oder hie und da so gruppirt, daß sie eine Pyramide bilden. Es hat, wie sonst nur noch wenige Salze, die Eigenthümlichkeit, im kalten und warmen Wasser beinahe gleich löslich zu sein. Hundert Theile kaltes Wasser lösen 36 Theile davon auf. Das Chlornatrium enthält kein chemisch gebundenes Wasser (Krystallwasser); schließt dagegen häufig in Hohlräumen der Krystalle noch mechanisch Wasser ein; wird es erhitzt, so dehnt sich das Wasser aus, zersprengt den Krystall, der dabei aus dem Gefäße herausspringt, was mit einem Geräusch verbunden ist (Decrepitiren).

Das Chlornatrium wird von Menschen und Thieren gleich sehr gesucht und mit den Speisen genossen; es ist ein Nah-

rungsmittel, scheint aber in viel größerer Menge von Vielen genossen zu werden, als nothwendig ist.

Bedeutung der Natronsalze für die Agricultur. Obgleich metallisches Kalium und Natrium, sowie ihre entsprechenden Verbindungen einander in Bezug auf ihre Eigenschaften sehr nahe stehen und man also von vorne herein zur Annahme geneigt sein möchte, sie hätten als anorganische Nahrungsmittel für die Pflanzen dieselbe Bedeutung, so haben doch sowohl die Aschenuntersuchungen als in dieser Beziehung speziell angestellte Versuche diese Vermuthung nicht bestätigt. Für den Ackerbau wäre eine Gleichwerthigkeit von Kali und Natron noch deßhalb sehr wichtig, weil die Natronsalze viel wohlfeiler als die Kalisalze sind. — Allerdings hat sich herausgestellt, daß die Asche der Meerespflanzen (Fucus- und Seetangarten) überwiegend aus Natronverbindungen: Chlornatrium und kohlensaurem Natron besteht; die Landpflanzen dagegen sind reich an kohlensaurem Kali, die meisten weisen nur geringe Mengen von Natron in der Asche auf, manche bloß ein Paar Prozente und nur Wenige größere Quantitäten. Bemerkenswerth durch ihren bedeutenderen Gehalt an Natron sind die Aschen von

| | | |
|---|---|---|
| Spinat | mit | 35 % Natron. |
| Spargel | | 35 |
| Erdbeeren | | 27 |
| Aepfeln | | 26 |
| Rapsstroh | | 18—20 |
| Bohnen | | 14 |
| Salat | | 18,5 |

Die Versuche, welche mit Kochsalz und Soda gemacht wurden, indem man sie dem Boden zusetzte, um zu sehen, ob sie statt Kali aufgenommen würden, haben nicht so weit geführt, um mit Sicherheit entscheiden zu können, ob Natron in der That Kali bis zu einem gewissen Punkt zu vertreten im Stande sei; wie wichtig aber und wesentlich die Kalisalze als Nahrungsmittel sind, geht noch besonders aus dem Umstande hervor, daß selbst die Meerespflanzen neben Natron häufig nicht unbedeutende Mengen Kali aufnehmen, obgleich der Gehalt des Meerwassers an Letzterm gegenüber den Natronsalzen nur gering ist.

Aus diesen Thatsachen ergiebt sich, daß wenn durch Düngung mit Natronsalzen wie Chilisalpeter, Kochsalz rc. eine erhebliche Wirkung hervorgebracht wird, diese nicht so fast dem Natron als vielmehr dem andern Bestandtheil zuzuschreiben ist. Ohne Zweifel scheint es, daß bei der Düngung mit Chilisalpeter z. B. der Stickstoff weit aus mehr als das Natron wirkt.

## Für den Ackerbau wichtige Verbindungen des Calciums.

### Kalkerde. Calciumoxyd. CaO. (gebrannter Kalk).

Darstellung: Wird durch Glühen des gewöhnlichen kohlensauren Kalkes in Oefen erhalten; während nämlich die kohlensauren Alkalien: Potasche und Soda auch in der größten Hitze die Kohlensäure nicht fahren lassen, wird dagegen kohlensaure Kalkerde hiedurch in Kohlensäure und Calciumoxyd zerlegt.

Eigenschaften: Der chemisch reine gebrannte Kalk ist eine vollkommen weiße, erdige Masse; gewöhnlich aber sieht er mehr oder weniger gelblich, röthlich oder grau aus, was darin seinen Grund hat, daß der zum Kalkbrennen angewandte kohlensaure Kalk nicht rein ist, sondern noch Thon, Kieselsäure, Eisenoxyd rc. enthält. An der Luft zerfallen die kompakten Kalkerdestücke nach und nach, indem sie Kohlensäure und Wasserdampf anziehen. Die Kalkerde ist auch in den höchsten Temperaturen nicht schmelzbar. — Wird sie mit Wasser übergossen, so erhitzt sie sich sogleich, bekömmt Risse, bläht sich auf und zerfällt zu einem weißen Pulver. Die Erhitzung rührt von einer chemischen Vereinigung zwischen Wasser und Kalkerde her; der gelöschte Kalk ist CaO,HO Kalkhydrat, welches in Bezug auf Zusammensetzung und Verhalten dem Aetzkali und Aetznatron entspricht. Der gelöschte Kalk ist nur schwer, nicht aber unlöslich im Wasser; setzt man daher demselben noch mehr Wasser hinzu, so löst sich von der nun breiartigen Masse ein Theil im Wasser auf; man erhält Kalkwasser, das man durch Filtriren von dem ungelösten Brei trennen kann. Das Kalkwasser ist eine klare Flüssigkeit von Laugengeschmack, die an der Luft rasch Kohlensäure anzieht

und zuerst an der Oberfläche eine Schicht von kohlensaurer Kalkerde absetzt.

Der gelöschte Kalk hat außerordentlich große Anwendung zur Darstellung von Mörtel, der aus Kalkbrei und gesiebtem Sande bereitet bereitet und als Bindemittel zwischen die Bausteine gebracht wird. Das vollkommene Erhärten des Mörtels braucht sehr lange Zeit und gründet sich darauf, daß einerseits die Kohlensäure der Luft, anderseits die Kieselsäure sich mit der Kalkerde zu kohlensaurem und kieselsaurem Kalk verbinden.

## **Kohlensaurer Kalk** (gewöhnlicher Kalkstein) $CaO,CO_2$.

Vorkommen: Bildet auf der Erdoberfläche ganze Gebirge und ist im Innern der Erde Bestandtheil aller Formationen; er ist demnach eines der verbreitetsten Salze.

Eigenschaften: Die kohlensaure Kalkerde tritt in verschiedenen Formen auf. A. Krystallisirt als Kalkspath, Rhomboëder bildend und als Arragonit zu sechsseitigen Prismen geformt. B. Amorph (gestaltlos). In dieser Form findet man das kohlensaure Calciumoxyd als gewöhnlichen Kalkstein, Kreide, Marmor, Kalktuff u. s. w.

Ob krystallisirt oder amorph, ist der kohlensaure Kalk im reinen Wasser so zu sagen ganz unlöslich; wenn aber das Wasser Kohlensäure enthält, was bei allem Quellwasser der Fall ist, so löst sich ein Theil des Kalkes auf, und hieraus erklärt sich die Thatsache, daß alle Quell- und Mineralwasser größere oder kleinere Mengen davon enthalten. Wird nun dieses Wasser gekocht, so entweicht die Kohlensäure theilweis, indem der doppelt kohlensaure Kalk wieder in unlöslichen einfach kohlensauren sich verwandelt, der sich am Boden der Gefäße als erdige Kruste oder Kesselstein absetzt. Man unterscheidet in den Gewerben hartes und weiches Wasser: Ersteres ist verhältnißmäßig reich, Letzteres ärmer an gelöstem Kalk. Indem das Abdunsten der Kohlensäure auch schon in der Natur ohne Erwärmung des Wassers statt findet, giebt dieß Veranlassung zur Bildung des sogenannten Tropfsteins, der Stalaktiten und Stalagmiten am Boden und den Decken von Höhlen.

Daß sich der kohlensaure Kalk durch Glühen in Kohlensäure und Kalkerde zerlegen läßt, wurde schon beim Kalkbrennen erwähnt.

## Schwefelsaure Kalkerde (Gyps) $CaO,SO_3 + 2HO$.

Vorkommen: Sehr verbreitet. Bildet in allen Stufen der Ablagerungen bis zu den obersten, jüngsten Gliedern hinauf mehr oder weniger bedeutende Lager.

Eigenschaften: Auch dieses Kalksalz bietet verschiedene Varietäten dar. Man findet es A. im wasserhaltigen Zustande von der oben angeführten Zusammensetzung 1) als Gypsspath theils lange, theils kurze durchsichtige glänzende Säulen bildend oder in krystallinischen Massen von blättriger Textur (Marienglas); 2) als Fasergyps: In derben Massen oder in Platten von faseriger Textur, seidenglänzend, von weißer, fleischrother oder grauer Farbe; 3) als körniger Gyps: In derben Massen von grob und feinkörniger Structur (Alabaster) und 4) als dichter Gyps besonders in den obern Schichten. B. im wasserfreien Zustande als Anhydrit. Der Anhydrit ist selten krystallisirt; in der Regel erscheint er in dichten Massen, von körniger Structur, die weiß, gräulich-bläulich oder röthlich gefärbt sind.

Wird der wasserhaltige Gyps auf 130—160 ° erhitzt, was im Großen in eigens dazu construirten Brennöfen geschieht, so verliert er sein Krystallwasser; wird er hierauf gemahlen und mit Wasser zu Brei angerührt, so nimmt er wieder Wasser auf und erstarrt zu einer harten Masse. Darauf beruht die Anwendung des Gypses zu Stuccaturarbeit, zur Darstellung von Medaillen, Büsten u. s. w., indem man den frisch angemachten Gypsbrei in Formen gießt und darin erhärten läßt.

Ist die schwefelsaure Kalkerde beim Brennen zu stark erhitzt worden, so hat sie die Eigenschaft nicht mehr, Wasser aufzunehmen, sie heißt dann todtgebrannter Gyps. — Der Gyps ist erst in 400 Theilen Wasser auflöslich; er gehört demnach zu den schwer löslichen Salzen.

## Phosphorsaure Kalkerde. $3CaO,PO_5$

Vorkommen: Apatit, eine Verbindung von phosphorsaurem Kalk mit Fluorcalcium oder Chlorcalcium, kommt oft sehr schön krystallisirt im Urgebirge vor; viel häufiger ist aber der erdige, faserige oder knollige Apatit, den man allgemein Phosphorit genannt hat. Man hat davon in der Kreide, im Muschelkalk 2c. nicht unbedeutende Ablagerungen entdeckt. Bei vielem Phosphorit ist deutlich erkennbar, daß er aus Knochen vorweltlicher Thiere abstammt und heißt dann Osteolith. Der phosphorsaure Kalk ist auch stets ein Bestandtheil der Ackererde, von wo aus er in die Pflanzen und Thiere gelangt. Bei den Letztern bildet er hauptsächlich das Knochengerüste. Die Wirbelthiere sind in Folge dessen als wahre Sammelapparate des phosphorsauren Kalkes zu betrachten.

Eigenschaften: Als Apatit ist die phosphorsaure Kalkerde in sechsseitigen Säulen krystallisirt oder kugelig, nierenförmig dicht und erdig. Im reinen Wasser ist das Salz unlöslich.

Bedeutung des Kalkes für die Agricultur. Wegen dem allgemeinen Vorkommen des Kalkes in den Gebirgsformationen ist es begreiflich, daß es kaum eine Ackererde giebt, die nicht kalkhaltig ist. Weitaus in größter Menge ist, wie natürlich, stets der kohlensaure Kalk vertreten, viel spärlicher ist der phosphorsaure Kalk der Erde beigemischt, was um so mehr Berücksichtigung verdient, da derselbe für die Hervorbringung der Früchte der Getreidearten so hohe Wichtigkeit hat. — Von den angeführten Kalksalzen sind bloß der salpetersaure und schwefelsaure Kalk im reinen Wasser löslich, kohlensaure und phosphorsaure Kalkerde werden durch Mitwirkung der im Wasser enthaltenen Kohlensäure und phosphorsaurem Kalk durch die Chlorverbindungen der Alkalien in Lösung übergeführt. — Kalk ist bis jetzt in jeder Pflanzenasche, wenn auch in sehr verschiedener Menge gefunden worden; der Kalkgehalt steigt von Bruchtheilen bloß eines Prozentes bis zu 70 %. Was beim Ausziehen der Asche mit Wasser zurückbleibt sind hauptsächlich Kalkverbindungen: kohlensaure, phosphorsaure und hie und da auch kieselsaure

Kalkerde. Der kohlensaure Kalk ist ebensowenig als die Potasche als solche in der lebenden Pflanze vorhanden, sondern an organische Säuren gebunden, die beim Einäschern Kohlensäure entwickeln, die dann zum Theil an Kalk gebunden zurückbleibt.

Als kalkreiche Pflanzenaschen sind zu erwähnen die Aschen von

| | |
|---|---|
| Kartoffelkraut mit | 30 % Kalk |
| Kartoffelstengel | 30—37 |
| Kartoffeln | 2—4 |
| Tabaksblätter | 40 |
| Rapsstroh | 20—31 |
| Bohnenstroh | 18—22 |
| Weiße Rüben | 8—17 |
| Rettigblätter | 28 |
| Kohlrabi | 13 |

Noch angeführt zu werden verdient, daß die Schalen der Muscheln und Schnecken fast ganz aus kohlensaurem Kalk bestehen.

## Für den Ackerbau bemerkenswerthe Verbindungen der Talkerde (Magnesia).

**Magnesia.** Magnesiumoxyd (Talkerde, Bittererde) MgO.

Entsteht beim Glühen der kohlensauren Magnesia, wobei die Kohlensäure sich verflüchtigt.

Eigenschaften: Ist ein weißes, lockeres Pulver. Mit Wasser vereinigt sich die Talkerde nur äußerst langsam und ist darin unlöslich; sie hat deßhalb auch keinen alkalischen Geschmack.

### Kohlensaure Magnesia. $MgO,CO_2$.

Vorkommen: Findet sich in der Natur theils in Rhomboëdern krystallisirt als Magnesit, theils in derben, weißen, erdigen Massen. Fast allem kohlensaurem Kalk ist auch kohlensaure Magnesia beigemischt; sehr reich daran ist der als Gebirgsart auftretende Dolomit, in welchem häufig kohlensaurer

Kalk und kohlensaure Bittererde im Aequivalentverhältniß vertreten sind.

Eigenschaften: Ist ebenfalls ein weißes, sehr lockeres, im reinen Wasser unlösliches Pulver ohne Geruch und Geschmack. Enthält aber das Wasser Kohlensäure, so löst sich die kohlensaure Magnesia etwas auf wie die kohlensaure Kalkerde und deßhalb haben auch fast alle Quellwasser außer Kalk Magnesia gelöst.

### Schwefelsaure Magnesia (Bittersalz) $MgO, SO_3 + 7HO$,

Vorkommen: In bedeutenden Mengen ist dieses Salz in gewissen Mineralwassern enthalten, die man Bitterwasser heißt; es ist auch ein Bestandtheil des Meerwassers.

Eigenschaften: Das Bittersalz krystallisirt in klaren, vierseitigen Prismen, die sich leicht im Wasser lösen und einen äußerst bittern, unangenehmen Geschmack besitzen. Es ist ein vortreffliches Abführungsmittel.

### Phosphorsaure Magnesia.

Ist in der Asche der Samen der Getreidearten, im Harne und in den Knochen enthalten. Bei der Mischung von schwefelsaurer Magnesia mit phosphorsaurem Natron entsteht ein weißer, im reinen Wasser unlöslicher, krystallinischer Niederschlag von der Zusammensetzung $(2MgO,HO) PO_5 + 14HO$.

### Phosphorsaure Ammoniak-Magnesia $(2MgO, NH_4O) PO_5 + 12HO$.

Vorkommen: Setzt sich nicht selten im faulenden Harn in Krystallen ab; sie ist ein Bestandtheil der Harnsteine und der Kleie des Mehles. Daraus erklärt sich auch, wie oft im Blinddarm der Müllerpferde große, mehrere Pfund schwere Steine entstehen können, die der Hauptsache nach aus phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia bestehen. Künstlich dargestellt ist sie ein krystallinisches weißes, im Wasser beinahe unlösliches Pulver.

Bedeutung der Bittererde für die Agricultur. Die kohlensaure Magnesia begleitet fast immer die kohlensaure Kalkerde und wird mit derselben durch die Kohlensäure des

Wassers gelöst; ohne Zweifel wird auch fast alle Bittererde den Pflanzen in Form des kohlensauren Salzes zugeführt. Uebrigens weisen aber die Pflanzen lange nicht so viel Magnesia in den Aschen auf als Kalkerde; ob unter gegebenen Verhältnissen Magnesia Kalk vertreten könne, ist ebenfalls noch nicht mit Gewißheit entschieden. In der Asche von

| | |
|---|---|
| Waizen hat man | 11—14 % |
| Roggen | 12 |
| Mais | 14 |
| Raps | 10—13 |
| Buchenholz | 6 |
| Weinreben | 4—8 % |

Bittererde gefunden. Bemerkenswerth ist dabei, daß sich die Magnesia vorzüglich im Samen ablagert und hier häufig die Menge des Kalkes übertrifft.

## Für die Agricultur bemerkenswerthe Verbindungen des Aluminiums.

### Thonerde. Aluminiumoxyd. $Al_2O_3$.

Vorkommmen: Sie wird in der Natur gefunden und ist künstlich aus ihren Salzen darstellbar.

Eigenschaften: Das natürlich vorkommende Oxyd des Aluminiums bildet im krystallinischen Zustande geschätzte Edelsteine wie den Saphir und Rubin, eine derbe mit andern Substanzen verunreinigte Abänderung ist der Smirgel. Künstlich wird die Thonerde als ein weißes, lockeres, im Wasser unlösliches, sehr schwer schmelzbares Pulver erhalten.

### Kieselsaure Thonerde. Thon.

Vorkommen und Entstehung: Der Thon ist, wie bereits schon an mehreren Stellen angeführt wurde, ein Produkt der Verwitterung des Feldspathes oder feldspathhaltiger Gesteine, die einen Hauptbestandtheil der bekannten Erdrinde ausmachen. Er ist eine der für den Ackerbau, wie für die Industrie wichtigsten Verbindungen. Bei der Verwitterung zerfällt der Feldspath zunächst in kieselsaures Kali und in kieselsaure Thonerde.

Indem sich Letztere noch weiter zerlegt, entstehen daraus Kieselsäure und eine basisch kieselsaure Thonerde, die in reinster Form das ist, was man Kaolin oder Porcellanerde heißt ($3\,Al_2O_3$, $4SiO_3 + 6HO$). Die Porcellanerde, der reinste, farblose Thon, ist nur an den Stellen vorhanden, wo die feldspathhaltigen Gebirgsarten gerade verwittert sind; indem aber dieselbe von diesen Entstehungsstätten durch Wasser weggeschlemmt wird, mischt sie sich immer mehr mit fremden Bestandtheilen, wie kohlensaurer Kalkerde, Sand, Eisen- und Manganverbindungen ꝛc. und es entstehen dadurch eine Reihe mehr oder weniger reiner Thonarten, die in den Ziegeleien und Töpferwerkstätten Verwendung haben. Thone, die hauptsächlich Sand und auch Eisenoxyd einschließen, heißen im gewöhnlichen Leben Lehm; die Mergel sind Thone, welchen besonders noch kohlensaurer Kalk beigemischt ist. Der Grund der Verwendbarkeit des Thones zu Ziegeln, Ziegelsteinen, Töpferwaaren, Steingut, Fayence und Porcellan beruht darauf, daß derselbe im feuchten Zustande leicht formbar (plastisch) ist und beim Glühen sich zusammenzieht und fest wird. Indessen ist auch der gebrannte Thon noch sehr porös und zieht mit großer Begierde Feuchtigkeit ein; deßhalb wird auch auf den meisten Thonwaaren, die zum Aufbewahren von Flüssigkeiten bestimmt sind, eine Glasur angebracht. Um die Geschirre zu glasiren werden dieselben, nachdem sie getrocknet worden sind, in einen dünnen, aus Sand, Bleioxyd und Wasser bestehenden Brei eingetaucht und nach dem Trocknen geglüht, wobei sich die Kieselsäure mit Bleioxyd und das kieselsaure Bleioxyd mit Thonerde zu einem durchsichtigen, wasserdichten Doppelsilicat von kieselsaurem Bleioxyd-Thonerde verbinden. Das ist die Glasur bei den gewöhnlichen Thonwaaren, während die Glasur des Porcellans aus einem Gemische von Porcellanthon, Gyps und Sand bereitet wird, also kein Blei enthält.

Bedeutung für die Agricultur. Früher war die Ansicht verbreitet, daß die Thonerde keine Bedeutung als Nahrungsmittel für das Pflanzenreich habe; später fand man sie in der Asche der Lycopodiaceen (Bärlapparten), in Lycopodium clavatum sogar 26 Procent. Je weniger Bedeutung indessen der Thon für die Kulturpflanzen hat, um so größer ist die-

selbe in physikalischer Beziehung für die Ackererde, wovon später die Rede sein wird.

## Für die Agricultur bemerkenswerthe Verbindungen des Eisens.

### Eisenoxyd. $Fe_2O_3$.

Vorkommen: In der Natur krystallisirt als Eisenglanz und amorph als Rotheisenstein.

Eigenschaften: Der Eisenglanz erscheint meist in tafelartigen, schwarzen, glänzenden Krystallen; der Rotheisenstein bildet bald schwere, dichte Massen von faseriger Structur, bald ist er erdig und zerreiblich (Rotheisenocker). Das künstlich durch heftiges Glühen von Eisenvitriol erhaltene Eisenoxyd stellt ein braunrothes Pulver dar, das sich in Wasser nicht und in Säuren nur schwer löst. Der Eisenrost, welcher sich durch Einfluß der Luft auf das Eisen so leicht bildet, ist nicht reines Eisenoxyd, sondern eine Verbindung von Eisenoxyd mit Wasser (Eisenoxydhydrat). Der beim Hämmern des glühenden Eisens abfallende Hammerschlag besteht aus Eisenoxydul und Oxyd ($6FeO + Fe_2O_3$), hat also eine ähnliche Zusammensetzung wie der in der Natur vorkommende Magneteisenstein (siehe Eisenerze). Das Eisenoxyd dient als Anstrichfarbe und als Polirmittel.

### Schwefeleisen (Schwefelkies). $FeS_2$.

Vorkommen: Sehr häufig, fast in allen Gebirgsformationen.

Eigenschaften: Krystallisirt meist in Würfeln oder Octaëdern von messinggelber Farbe; nebstdem auch derb, nierenförmig oder kugelig. Wegen der Aehnlichkeit seiner Farbe mit derjenigen des Goldes wird es häufig von Unerfahrnen für Letzteres angesehen. (Katzengold.)

Zur Darstellung des Eisens ist es untauglich, dagegen verwendet man es zur Darstellung von Schwefel, Eisenvitriol und rauchender Schwefelsäure.

## Eisenvitriol. (Schwefelsaures Eisenoxydul.)
$FeO,SO_3 + 7HO$.

Darstellung: Wenn Schwefelkies an der Luft erhitzt (geröstet) wird, so geht ein Theil des Schwefels weg und das Einfach-Schwefeleisen FeS verwandelt sich unter Aufnahme von 4 Aequivalenten Sauerstoff in schwefelsaures Eisenoxydul, das hernach mit Wasser ausgelaugt und zur Krystallisation eingedampft wird: $FeS + 4O = FeO,SO_3$. Der Eisenvitriol entsteht ebenfalls beim Auflösen von metallischem Eisen in verdünnter Schwefelsäure unter Entwicklung von Wasserstoffgas: $Fe + HO + SO_3 = FeO,SO_3 + H \rightarrow$

Eigenschaften: Der Eisenvitriol bildet bläulich grüne, säulenförmige Krystalle von zusammenziehendem, dintenartigem Geschmack. An der Luft verwittern die Krystalle, zugleich nehmen sie auch Sauerstoff aus der Luft auf und werden roth, indem sie in Oxydsalz übergehen. Im Wasser ist der Eisenvitriol leichtlöslich; die wässerige Lösung bildet aber rasch in Folge Anziehung von Sauerstoff einen gelben Bodensatz von Oxydsalz.

Die Anwendung des Eisenvitriols ist sehr groß. Zur Fabrikation von Dinte, von Berlinerblau, zum Schwarzfärben, zur Darstellung von rauchender Schwefelsäure; zur Conservirung des Holzes u. s. w.

## Kohlensaures Eisenoxydul. $FeO,CO_2$.

Vorkommen: In der Natur als Spatheisenstein.

Eigenschaften: Der Spatheisenstein krystallisirt in Rhomboëdern. Künstlich wird kohlensaures Eisenoxydul durch Wechselzersetzung von Eisenvitriol mit Soda oder Potasche erhalten, $FeO,SO_3 + NaO,CO_2 = FeO,CO_2 + NaO,SO_3$. Es ist anfänglich eine weiße, amorphe Masse, die aber rasch roth wird, indem durch Aufnahme von Sauerstoff aus dem kohlensauren Eisenoxydul Eisenoxydhydrat entsteht.

Das kohlensaure Eisenoxydul ist im reinen Wasser unlöslich, wird aber wie die kohlensaure Kalkerde gelöst, sobald das Wasser überschüssige Kohlensäure enthält. Der gewöhnliche kohlensaure

Kalk enthält fast immer etwas kohlensaures Eisenoxydul und so ist es erklärlich, wie das meiste Quellwasser wenigstens Spuren von Eisen aufweist. Die Wasser, welche bedeutende Mengen von Eisen gelöst haben, bilden eine eigene Klasse von Mineralwassern, die sogenannten Stahlwasser.

Bedeutung für die Agricultur. Wie das Eisen fast überall in der Ackererde verbreitet ist, so ist es auch ein beinahe nie fehlender Bestandtheil der Pflanzenaschen. In dieselben gelangt es ohne Zweifel hauptsächlich in Wasser gelöst als doppelt kohlensaures Eisenoxydul. Der Gehalt der Aschen an Eisenoxyd ist indessen durchschnittlich nur unbedeutend.

Die Aschen von folgenden Pflanzen enthalten:

| | | |
|---|---|---|
| Gerste | 0,3—2 | % Eisenoxyd. |
| Roggen | 0,2—3 | |
| Hafer | 1—3 | |
| Linsen | 2 | |
| Bohnenstroh | 0,7—2 | |
| Rapssaamen | 0,6—3 | |

Diese Aschen gehören zu den eisenreichsten; fast alle andern Pflanzen erreichen diese Zahlen nicht, sondern steigen nur bis zu einem Procent herauf.

Das Metall Mangan hat in seinem chemischen Verhalten viele Aehnlichkeiten mit dem Eisen und begleitet das Letztere auch sehr häufig in der Natur, woraus erklärlich wird, wie viele Aschen auch Mangan oder Mangan und Eisen neben einander zeigen.

# Zusammenstellung der Aschenanalysen

der

## vorzüglichsten Culturpflanzen.

Aus den oben an den betreffenden Stellen angeführten Bestandtheilen von Pflanzenaschen geht hervor, daß jede einzelne Pflanze aus dem Boden die Mineralkörper in sehr verschiedener Quantität aufnimmt. Vorzüglich reich erweisen sich viele Pflanzen an Kielselsäure, Kalkerde und Kali, so daß man hierauf gestützt eine Eintheilung des Pflanzenreiches in Kalk-, Kali- und Kieselpflanzen versucht hat. Dagegen müssen aber zwei Punkte festgehalten werden:

1) Daß eine scharfe Abgrenzung wirklich nicht existirt, sondern daß ein und dieselbe Pflanze oft in zwei Abtheilungen sich einreiht, z. B. neben Kalkerde auch ein bedeutendes Quantum Kali oder Kieselsäure enthält, und

2) daß eine Pflanze, die durch Reichthum an einem der genannten Körper sich auszeichnet, deßhalb die übrigen Stoffe zu ihrem Wachsthum nicht minder bedarf, sondern daß alle in gehöriger Menge vertreten sein müssen, wenn sie nicht ganz oder wenigstens theilweise verkümmern soll.

Jeder Organismus braucht zum Aufbau eine bestimmte Menge von den verschiedenen Nahrungsmitteln, die auf geheimnißvolle Weise sich zusammen gruppiren; meistens so, daß selbst in den einzelnen Organen die Mischung eine verschiedene ist. Alle sind dabei gleich nothwendig. Das ist unabweisbares Naturgesetz. Aller Stickstoff des Bodens hilft nichts, wenn es an phosphorsaurem Kalk gebricht; erst dann entwickeln sich die gehaltvollen Getreidekörner, wenn beide in genügender Menge vorhanden sind. Der ausgesprochene Satz, daß jedes Nahrungsmittel seine wesentliche Bedeutung hat, geht noch ganz besonders daraus hervor, daß nach allen bis jetzt gewonnenen Erfahrungen,

selbst Stoffe, die in Bezug auf ihre Eigenschaften einander sehr ähnlich sind, wie unter andern Kali und Natron, sich in der Pflanze nicht vertreten können.

Die Kenntniß bloß eines einzigen Aschenbestandtheils ist darum von geringem Werth; erst die Aufführung aller Substanzen, welche die Analyse zum Vorschein gebracht hat, giebt uns Aufklärung über die Bedürfnisse, welche während dem Wachsthum eines Körpers befriediget werden müssen.

Es folgen deßhalb hiernach die Analysen der Aschen der wichtigsten unserer Culturpflanzen. *)

## A. Aschen von Getreidearten.

### Stroh.

| | Waizen. | Roggen. | Gerste. | Hafer. | Mais. |
|---|---|---|---|---|---|
| Kali | 17,98 | 17,30 | 20,18 | 16,06 | 35,26 |
| Natron | 2,47 | — | 3,29 | — | — |
| Kalk | 7,42 | 8,64 | 11,90 | 4,89 | 10,53 |
| Talkerde | 1,94 | 2,29 | 2,93 | 2,33 | 5,52 |
| Eisenoxyd | 0,45 | 0,21 | 0,31 | 2,70 | 2,48 |
| Schwefelsäure | 3,09 | 2,11 | 3,18 | 4,36 | 5,16 |
| Phosphorsäure | 2,75 | 7,52 | 3,41 | 2,86 | 8,09 |
| Kieselsäure | 63,89 | 57,70 | 48,18 | 53,41 | 27,98 |
| Kohlensäure | — | — | 3,55 | — | 2,87 |
| Chlorkalium | — | 3,34 | — | 8,12 | — |
| Chlornatrium | — | 0,90 | 3,07 | 5,24 | 2,29 |
| | 99,99 | 100,01 | 100,00 | 99,97 | 99,98 |
| Aschenprozente der trockenen Substanz: | | | 3,65 | 4,95 | 5,49 |

*) Dieselben sind aus der umfassenden Zusammenstellung von den bis jetzt gemachten Aschenanalysen von Dr. Reichardt entnommen. (Ackerbau-Chemie oder die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur von Dr. E. Reichardt. Erlangen 1861.

### Samen.

| | Waizen. | Roggen. | Gerste. | Hafer. | Mais. |
|---|---|---|---|---|---|
| Kali | 30,02 | 34,50 | 37,22 | 15,95 | 28,37 |
| Natron | 3,82 | — | — | 1,73 | 1,74 |
| Kalk | 1,15 | 2,75 | 2,92 | 4,06 | 0,57 |
| Talkerde | 13,39 | 11,38 | 7,63 | 6,28 | 13,60 |
| Eisenoxyd | 0,91 | 0,20 | — | 2,05 | 0,47 |
| Schwefelsäure | — | — | 0,26 | 1,25 | — |
| Phosphorsäure | 46,79 | 47,52 | 30,76 | 26,18 | 53,69 |
| Kieselsäure | 3,89 | 2,75 | 17,28 | 41,74 | 1,55 |
| Kohlensäure | — | — | — | — | — |
| Chlorkalium | — | — | 1,93 | — | — |
| Chlornatrium | — | 0,90 | 2,01 | — | — |
| | 99,97 | 100,00 | 100,00 | 99,94 | 99,99 |
| Aschenprocente der trockenen Substanz: | | | 2,39 | 3,63 | 1,51 |

## B. Futterkräuter.

### Gras von gewässerten Wiesen.

| | 1. Schnitt. | 2. Schnitt. | Klee (rother). | Esparsette (in Blüthe). | Luzerne. |
|---|---|---|---|---|---|
| Kali | 50,00 | 22,13 | 36,45 | 31,90 | 9,99 |
| Natron | 0,09 | — | — | — | — |
| Kalk | 9,50 | 9,13 | 22,62 | 24,30 | 45,95 |
| Talkerde | 2,47 | 2,49 | 4,08 | 5,03 | 3,60 |
| Eisenoxyd | 1,31 | 0,62 | 0,26 | 0,61 | 0,75 |
| Chlor | — | — | — | — | — |
| Schwefelsäure | 3,55 | 4,23 | 1,85 | 3,28 | 2,85 |
| Phosphorsäure | 9,31 | 5,56 | 6,71 | 9,35 | 5,96 |
| Kieselsäure | 9,24 | 34,11 | 0,59 | 3,22 | 0,59 |
| Kohlensäure | 11,62 | 1,15 | 23,47 | 15,20 | 26,48 |
| Chlorkalium | — | 17,40 | 2,39 | 6,24 | 1,54 |
| Chlornatrium | 2,91 | 3,14 | 1,53 | 0,78 | 1,90 |
| | 100,00 | 99,96 | 99,95 | 99,91 | 99,61 |
| Aschenmenge: der trockenen Substanz in Prozenten. | 10,37 | 8,82 | 9,56 | 6,37 | 10,11 |

## C. Gemüsepflanzen.

| | Kartoffel. | | Erbsen. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Knollen. | Stengel. | Stroh. | Schoten. | Körner. |
| Kali | 50,93 | 11,44 | 17,66 | 22,31 | 35,91 |
| Natron | — | — | — | 17,99 | 2,28 |
| Kalk | 3,76 | 37,02 | 32,71 | 31,08 | 6,95 |
| Talkerde | 3,87 | 6,00 | 8,01 | 9,54 | 7,07 |
| Eisenoxyd | 2,11 | 3,78 | 2,06 | 1,16 | 1,08 |
| Chlor | — | — | — | — | — |
| Schwefelsäure | 3,31 | 5,12 | 0,49 | 6,96 | 1,88 |
| Phosphorsäure | 17,68 | 2,27 | 11,42 | 10,59 | 40,10 |
| Kieselsäure | 1,18 | 8,22 | 4,46 | 0,29 | 3,02 |
| Kohlensäure | 7,30 | 14,09 | 18,84 | — | — |
| Chlorkalium | 8,98 | — | 2,31 | — | — |
| Chlornatrium | 0,88 | 12,06 | 1,39 | — | — |
| | 100,00 | 100,00 | 99,35 | 99,92 | 98,19 |
| Aschenprozente der trockenen Substanzen. | 2,76 | 15,00 | 4,46 | — | 1,75 |

| | Bohnen. | | |
|---|---|---|---|
| | Körner. | Schoten. | Stroh. |
| Kali | 43,36 | 48,67 | 18,75 |
| Natron | 1,30 | — | 13,94 |
| Kalk | 5,83 | 25,34 | 18,89 |
| Talkerde | 5,68 | 2,55 | 3,13 |
| Eisenoxyd | 0,12 | — | 0,70 |
| Schwefelsäure | 3,15 | 4,55 | 1,41 |
| Phosphorsäure | 36,68 | 9,45 | 6,54 |
| Kieselsäure | 0,41 | 2,79 | 2,22 |
| Kohlensäure | 3,44 | — | 24,39 |
| Chlornatrium | — | 6,65 | 10,00 |
| Chlorkalium | — | — | — |
| | 99,97 | 100,00 | 99,97 |
| | 2,94 | 10,68 | 5,81 |

| | Weiße Rübe. | Gelbe Rübe. | Zwiebel. | Kohl (Kraut). |
|---|---|---|---|---|
| Kali | 21,91 | 32,17 | 43,00 | 40,86 |
| Natron | 1,23 | 5,00 | — | 2,43 |
| Kalk | 17,40 | 12,34 | 23,77 | 15,01 |
| Talkerde | 8,74 | 5,73 | 4,01 | 2,39 |
| Eisenoxyd | 1,95 | 3,02 [1] | — | 0,77 |
| Chlornatrium | — | 9,62 | 3,37 | — |
| Chlorkalium | — | — | — | — |
| Schwefelsäure | 7,10 | 3,26 | 5,90 | 7,27 |
| Phosphorsäure | 40,17 | 10,39 | 19,67 | 12,52 |
| Kieselsäure | 0,67 | 4,78 | 0,28 | 1,66 |
| Kohlensäure | 0,82 | [2] | [2] | 16,68 |
| | 99,99 | 86,31 | 100,00 | 99,59 |
| Aschenprozente: | 3,98 | 0,79 (ungetrocknet) | 0,54 (ungetrocknet) | 10,00 |

## D. Nutzpflanzen.

### Flachs.

| | Ganze Pflanze. | Ganze Stengel. | Blätter. | Samen. |
|---|---|---|---|---|
| Kali | 32,48 | 21,53 | 16,04 | 32,55 |
| Natron | 2,67 | 3,68 | — | 2,51 |
| Kalk | 14,14 | 21,20 | 29,87 | 9,45 |
| Talkerde | 9,41 | 4,20 | 2,80 | 16,23 |
| Eisenoxyd | 1,23 | 5,58 | 3,24 | 0,38 |
| Manganoxyd | 0,53 | — | — | — |
| Schwefelsäure | 3,16 | 3,39 | 3,66 | 1,43 |
| Phosphorsäure | 28,10 | 7,53 | 3,41 | 35,99 |
| Chlorwasserstoff | 1,78 | — | — | — |
| Kieselsäure | 1,39 | 7,92 | 25,93 | 1,46 |
| Kohlensäure | 5,10 | 15,75 | 9,76 | — |
| Chlorkalium | — | — | 5,28 | — |
| Chlornatrium | [3] | 9,21 | — | — |
| | 99,99 | 99,99 | 99,99 | 100,00 |
| Aschenprozente: | 3,90 | 3,70 | 8,83 | 3,68 |

[1] phosphorsaures. [2] Nach Abzug der Kohlensäure. [3] Durch Rösten des Flachses ausgelaugt.

| | Hanf. | Grüne Trauben von Meißen. | | | Rüben. |
|---|---|---|---|---|---|
| | Ganze Pflanzen. | Most. | Schalen. | Kerne. | |
| Kali | 15,82 | 62,74 | 46,89 | 29,45 | 44,15 |
| Natron | 3,40 | 2,66 | 1,62 | — | 3,45 |
| Kalk | 35,55 | 5,11 | 21,73 | 35,57 | 36,04 |
| Talkerde | 7,67 | 3,95 | 4,45 | 8,59 | 4,77 |
| Eisenoxyd | 1,08 | 0,40 | 1,97 | 0,65 | 0,54 |
| Chlorwasserstoff | 3,40 | — | — | — | — |
| Schwefelsäure | 2,76 | 4,89 | 3,88 | 2,61 | 1,82 |
| Phosphorsäure | 14,24 | 17,04 | 15,66 | 21,05 | 7,05 |
| Kieselsäure | 7,70 | 2,18 | 2,57 | 1,27 | 1,22 |
| Kohlensäure | 8,38 | — | — | — | — |
| Chlornatrium | — | — | — | — | — |
| Chlorkalium | — | — | — | — | — |
| Chlor | — | 0,70 | 0,71 | 0,35 | 0,85 |
| Manganoxydul | — | 0,30 | 0,51 | 0,45 | 0,11 |
| | 100,00 | 99,97 | 99,99 | 99,99 | 100,00 |
| | 4,60 | 0,29 | 4,32 | 2,83 | 3,69 |

| | Raps. | | Tabak. | Runkelrübe. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Samen. | Stroh. | (Blätter) | Rübe. | Blätter. | Samen. |
| Kali | 25,18 | 8,13 | 26,96 | 29,05 | 27,53 | 16,08 |
| Natron | — | 19,82 | 2,76 | 19,05 | 5,83 | 6,86 |
| Kalk | 12,91 | 20,05 | 39,53 | 2,17 | 9,06 | 13,42 |
| Talkerde | 11,39 | 2,56 | 9,61 | 2,79 | 9,10 | 15,22 |
| Eisenoxyd | 0,62 | | 4,20 | 0,56 | 0,48 | 0,40 |
| Chlornatrium | — | — | 9,65 | 14,18 | 29,85 | 15,30 |
| Chlorkalium | — | — | — | — | — | — |
| Chlorwasserstoff | 0,11 | 19,93 | — | — | — | — |
| Schwefelsäure | 0,53 | 7,60 | 2,78 | 3,31 | 3,26 | 6,64 |
| Phosphorsäure | 45,95 | 4,67 | — | 3,11 | 4,39 | 13,35 |
| Kieselsäure | 1,11 | 0,84 | 4,51 | 4,11 | 1,35 | 1,86 |
| Kohlensäure | 2,20 | 16,31 | — | 21,61 | 6,11 | 13,85 |
| Aschenprozente | 100,00 | 99,91 | 100,00 | 99,94 | 99,96 | 99,98 |
| der trockenen Substanz: | 4,51 | 5,21 | 23,33 | 10,00 | 19,10 | 6,85 |

## E. Fruchtbäume.

| | Apfelbaum. | | Birnbaum. | Süße Kirschen. | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Frucht. | Holz. | Frucht. | Frucht. | Holz. |
| Kali | 35,68 | 19,24 | 54,69 | 51,85 | 25,90 |
| Natron | 26,09 | 0,45 | 8,52 | 1,12 | 10,47 |
| Kalk | 4,08 | 63,60 | 7,98 | 7,47 | 35,78 |
| Talkerde | 8,75 | 7,46 | 5,22 | 5,46 | 11,47 |
| Eisenoxyd | [1]) 2,65 | 1,66 | 1,96 | 3,74 | 0,07 |
| Schwefelsäure | 6,09 | 0,93 | 5,69 | 5,09 | 4,11 |
| Phosphorsäure | 12,34 | 4,90 | 14,28 | 14,21 | 9,63 |
| Kieselsäure | 4,32 | 1,31 | 1,49 | 9,04 | 2,57 |
| Kohlensäure | — | — | — | — | — |
| Chlorkalium | — | — | — | — | — |
| Chlornatrium | — | 0,45 | — | 2,02 | — |
| Aschenprozente | 100,00 | 100,00 | 99,83 | 100,00 | 100,00 |
| der trockenen und frischen Substanzen | 0,27 | 1,29 | 0,41 | 0,43 (frisch) | 0,28 (frisch) |

## F. Waldbäume.

| | Buche. | Eiche. | | Tanne. |
|---|---|---|---|---|
| | Holz. | Holz. | Samen. | Holz. |
| Kali | 6,94 | 8,43 | 64,64 | 4,41 |
| Natron | 0,34 | 5,64 | — | 3,53 |
| Kalk | 43,59 | 75,45 | 6,83 | 38,51 |
| Talkerde | 5,39 | 4,49 | 5,57 | 9,56 |
| Eisenoxyd | 0,62 | 0,57 | 1,10 | 0,45 |
| Schwefelsäure | 0,62 | 1,16 | 2,79 | 1,67 |
| Phosphorsäure | 7,54 | 3,46 | 17,13 | 0,91 |
| Kieselsäure | 2,13 | 0,78 | 0,96 | 4,37 |
| Kohlensäure | 28,29 | [1]) — | [1]) — | 35,66 |
| Chlorkalium | — | — | — | 0,92 |
| Chlornatrium | 0,62 | 0,02 | 0,98 | — |
| | 96,08 | 100,00 | 100,00 | 99,99 |
| | | | | 1,24 |

[1]) phosphorsaures Eisenoxyd, bei E ist die Kohlensäure abgezogen.

Aus den angeführten Analysen erhellt, daß die Aschenmenge der getrockneten Pflanzen sehr verschieden ist; sie steigt von 0,41 bis 23,33 %, wobei sich stets die übrigen Pflanzentheile reicher daran als die Früchte zeigen.

Ebenso verschieden als die Menge ist aber auch die Vertheilung der Aschenbestandtheile in Stengel (Stamm), Blättern und Körnern; gewiß ein unumstößlicher Beweis, daß die einzelnen Mineralsubstanzen in einer ganz bestimmten Beziehung zu gewissen Pflanzenkörpern stehen, d. h. ihre Entstehung und ihr Wachsthum bedingen müssen. In den Samen überwiegt die Menge an Phosphorsäure überall diejenige im Stroh, Stengeln u. s. w.; mit der Kieselsäure dagegen verhält es sich, wenige Ausnahmen vorbehalten, umgekehrt; sie ist reichlicher in Stengel und Blättern als in den Körnern vorhanden. Ein ähnliches Verhältniß ergiebt sich zwischen Kali und Kalkerde. Während das Erstere vorzüglich im Saamen der Getreidearten, in den Knollen der Kartoffeln, den Erbsen- und Bohnenkörnern ꝛc. getroffen wied, ist dagegen Kalk in größerm Maß in den andern Pflanzentheilen vertreten.

Reich an Kieselsäure sind die Getreidearten: Roggen, Weizen, Gerste, Hafer, überhaupt die Gramineen, wo sie hauptsächlich den Zweck zu haben scheint, den Stengeln gegen äußere Einflüsse den gehörigen Halt zu geben; kalireich: Rüben, Kartoffeln, Raps, Reben und Gras; Kalk in sehr bedeutender Quantität zeigt die Analyse der Tabaksblätter.

# Das Leben der Pflanze.

---

## Abhandlung der als Nahrungsmittel wichtigen Stoffe, die während desselben erzeugt wurden.

Als höchstes Produkt des pflanzlichen Lebens erscheint der Same, der bestimmt ist, zum Ausgangspunkt einer neuen Generation zu werden. Durch Einwirkung von Wärme, Luft und Feuchtigkeit beginnt im Samen die Entwicklung des Keimes, dessen Entfaltung in Form von Wurzeln und Keimblättchen nach unten und oben statt findet. Die erste Nahrung enthält die entstehende Pflanze einzig und allein aus dem Inhalte des Samens durch Vermittlung des Wassers und des Sauerstoffes der Luft. Die Hauptbestandtheile des Samens sind Stärkemehl und eiweißartige Stoffe und während der Zeit der Keimung geht die Stärke in Zucker über, der wie das Eiweiß im Wasser löslich ist. Das Wasser dringt von außen in den Samen ein, der Same quillt auf und die Oberhaut wird gesprengt, zu gleicher Zeit werden aber auch Eiweiß und Zucker von ihm aufgenommen und als Nahrung dem Keime zugeführt. Ohne Zweifel scheint es, daß der Zucker hier in Zellstoff verwandelt wird. Die Thätigkeit des Sauerstoffes hiebei ergibt sich aus der Beobachtung, daß die noch von den Bestandtheilen des Samens zehrende Pflanze denselben aus der Luft aufnimmt und daher Kohlensäure ausathmet.

Aus Allem folgt: Je besser der Same um so kräftiger ist die Entwicklung des Keimes und der spätern Pflanze. Durch die Bearbeitung des Bodens wird die Wurzelbildung befördert; einjährige Gewächse brauchen daher auch einen besser gelockerten Boden als perennirende, weil Letztere längere Zeit zur Ausbildung der Wurzel haben als Erstere.

Wie man einen großen Krystall in der unorganischen Natur als eine Anhäufung einer unendlich großen Zahl von kleinen

Krystallen betrachten kann, so sind die Pflanzen zusammengesetzt aus äußerst kleinen Elementar-Organen, den Zellen, die durch Hülfe des Mikroskops erkannt werden. Die Urform der Zelle ist ein rundes oder mehr oder weniger elliptisches Bläschen mit dünner Wandung.

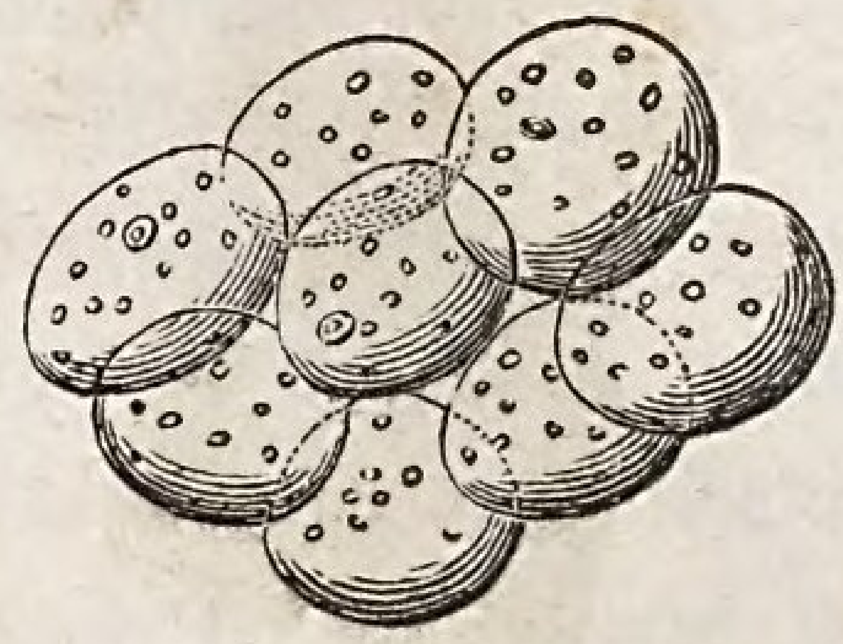


Fig. 2.

Indem sich während dem Wachsthum Zelle an Zelle reiht, ist es kaum anders möglich als daß sie gegenseitig einen Druck auf einander ausüben; die runde Form der Zellen verschwindet und geht in eine eckige über. Unter dem Mikroskop bekömmt so ein Pflanzeneinschnitt große Aehnlichkeit mit Bienenzellen. Eine Anhäufung von vielen Zellen heißt man Zellgewebe. (Fig. 3.)

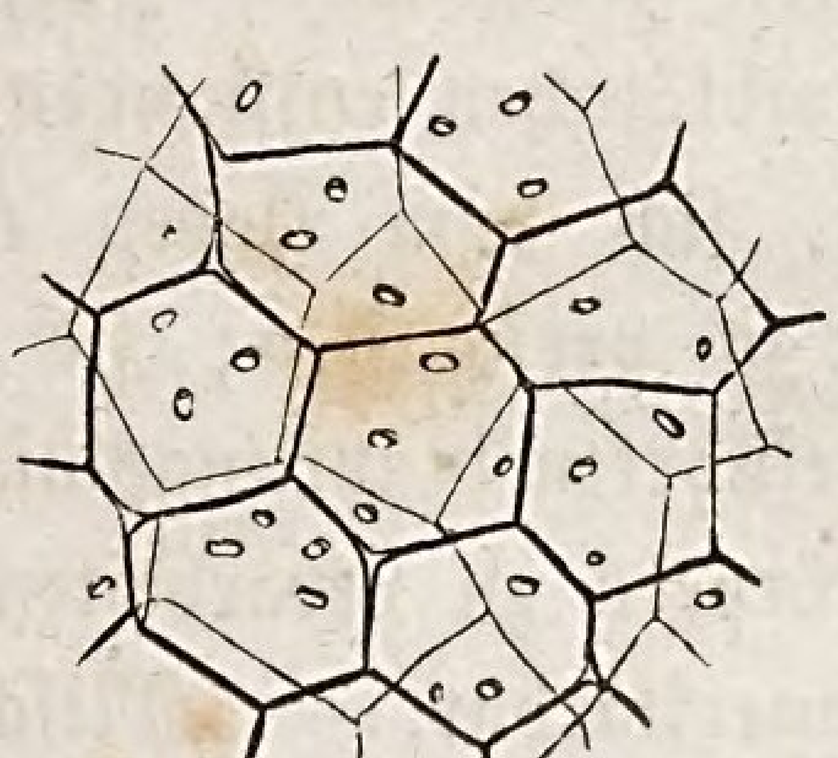


Fig. 3.

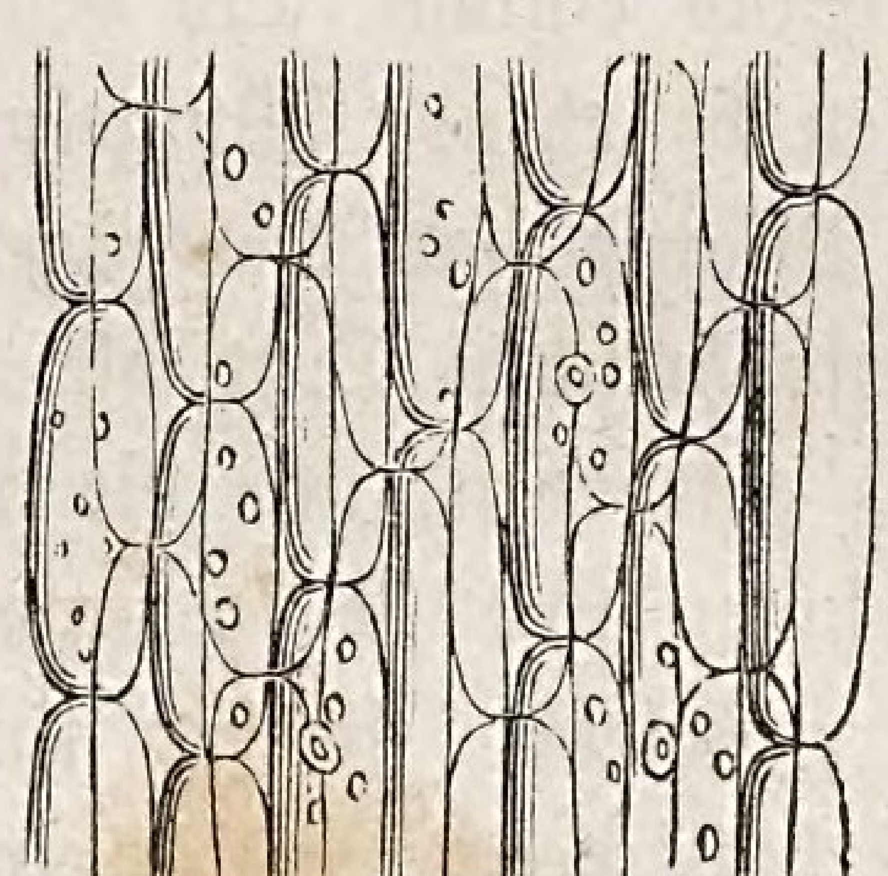


Fig. 4.

Häufig ist es auch der Fall, daß die ursprünglich runde Zelle sich sehr nach einer Richtung ausdeht und die Zelle erscheint dann als eine feine an beiden Enden zugespitzten Röhre. (Fig. 4.) Die Zellwände schließen sich nicht überall vollkommen an einander an, sondern lassen Zwischenräume und es entstehen die sogenannten Intercellulargänge. (Fig. 3.) In der Jugend sind die Wände der Zellen äußerst dünn, verdicken sich aber mit

dem Alter immer mehr, indem sich an denselben die inkrustirende Materie ablagert, wobei auch der ganze Pflanzenkörper fester, dichter oder holzartig wird. (Fig. 5.)



Fig. 5.

Nicht überall indeß setzt sich die inkrustirende Materie gleichmäßig an, sondern läßt, wie aus der Figur ersichtlich ist, einige Stellen unbesetzt und daraus erklärt sich auch, wie unter dem Vergrößerungsglas die Zellen getüpfelt erscheinen müssen. (Fig. 3.) Die Zellen haben durchschnittlich einen Durchmesser von $1/_{500}$ bis $1/_{1000}$ Zoll, so daß auf den Cubikzoll der aus solchen Zellen bestehenden Pflanzen einzig 125 Millionen Zellen kommen.

Sind einmal aus den im Samen enthaltenen Stoffen aus Zellen bestehende Wurzeln und Keimblättchen entstanden, so hat die Pflanze das Vermögen erlangt, sich vom Boden und der atmosphärischen Luft die Nahrung zu verschaffen; sie ist nun fähig geworden, alle die früher angeführten Nahrungsmittel aufzunehmen und sie zu organischen Körpern zu verarbeiten. Wie das geschieht, ist für uns noch unerklärbar. — Mischt man außerhalb dem Bereich eines Pflanzenkörpers die Stoffe, welche als Nahrungsmittel desselben aufgezählt werden, so bilden sich bloß eine gewisse Zahl anorganischer Salze, die keinen Nahrungswerth besitzen: Aus Kohlensäure, Wasser und Ammoniak z. B., von denen wir mit Bestimmtheit wissen, daß sie in der Pflanze zum Aufbau ihrer verbrennlichen Bestandtheile, Zellstoff, Zucker, Stärke, Eiweiß u. s. w. dienen, entsteht nichts als kohlensaures Ammoniak, ein Salz, das zur Ernährung untauglich ist. — Was wir gegenwärtig wissen, beschränkt sich bloß auf die Kenntniß der Elemente, aus denen die Pflanze besteht und in welcher Form sie aufgenommen werden.

## Grund der Säftebewegung im Pflanzenreich.

Die Pflanze nimmt ihre Nahrung aus der Luft und dem Boden. Die Aschenbestandtheile können bloß von der Ackererde geliefert werden. Auch die äußerste Spitze des höchsten Baumes giebt bei der Verbrennung Asche und es entsteht die Frage, wie bis da hinauf die Bestandtheile der Erde gelangen, und zwar in einer Richtung, die der Schwere entgegen gesetzt ist. Um diesen Vorgang zu erklären, müssen wir zuerst unsere Aufmerksamkeit auf ein Experiment richten, das man in der Physik mit Endosmose und Exosmose bezeichnet hat. Es wird dazu eine Glasröhre genommen und dieselbe an dem einen Ende mit einer porösen Substanz, z. B. mit einem Stück Schweinsblase zugebunden; in die Röhre selbst bringt man etwas concentrirte Zuckerlösung. Taucht man jetzt die theilweise mit Zuckerlösung angefüllte Röhre in ein weiteres Gefäß, in welchem sich Wasser befindet, so beobachtet man in kurzer Zeit eine Veränderung des Standes der Flüssigkeiten in der Röhre und dem äußern Gefäß.

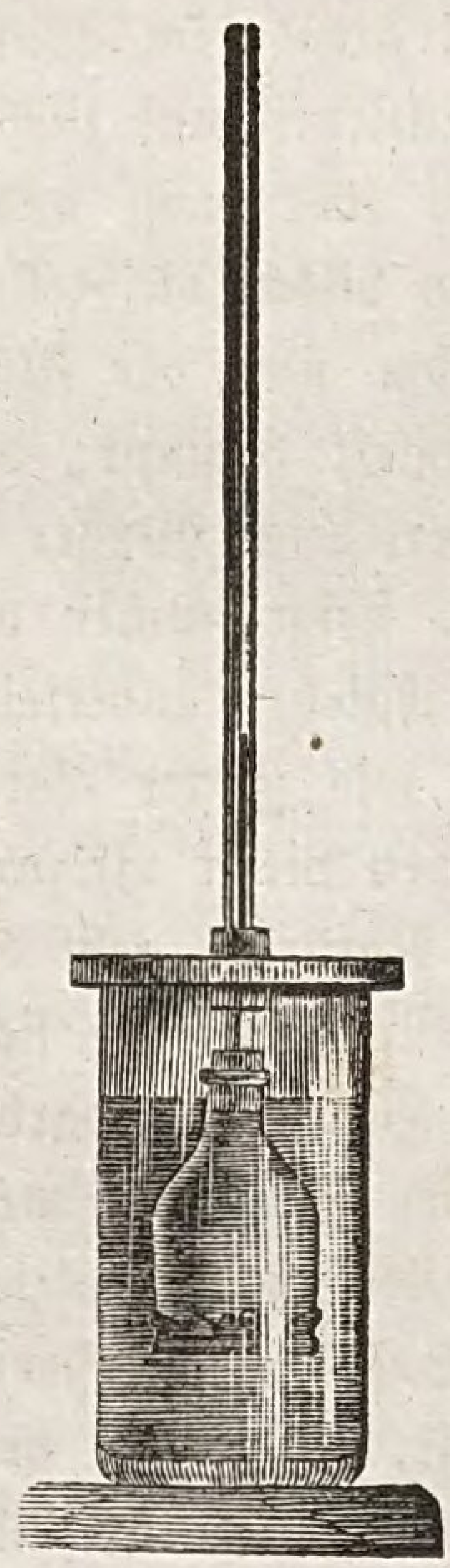


Fig. 6.

Das Niveau des Wassers ist gesunken, dagegen die Flüssigkeit in der Röhre höher gestiegen. Bei genauerer Untersuchung zeigt sich, daß durch die dünne, thierische Membran hindurch, wofür man aber auch eine aus dem Pflanzenreich hätte nehmen können, ein gegenseitiger Austausch der Flüssigkeiten stattgefunden hat; es ist etwas Zuckerlösung in das weitere Gefäß und umgekehrt Wasser aus dem weitern Gefäß in die Röhre übergeströmt, jedoch so, daß weit mehr Wasser zu der Zuckerlösung als Zuckerlösung zum Wasser übergetreten ist.

Die poröse Scheidewand vermittelt also den Austausch zweier Flüssigkeiten, läßt aber die eine mehr als die andere durch, der Art, daß die eine sich vermehrt und emporsteigt, während die andere abnimmt. Die Anwendung dieses Versuches auf die Erklärung der Bewegung der Säfte in der Pflanze liegt auf der Hand. Die Hohlräume der Zellen sind, vorzüglich im jugendlichen Zustande, mit Wasser gefüllt, in welchem Zucker, Eiweiß, Salze organischer Säuren sich gelöst haben. Die Zellen der Wurzeln sind zwar nicht gerade im Wasser, aber von Ackererde umgeben, die Wasser anzuziehen und zurück zu behalten im hohen Grade fähig ist. Dieses löst nach und nach die Bestandtheile des Ackerbodens und nun bilden die Zellwände der Wurzeln die Scheidewand zwischen ihm und der Flüssigkeit in den Zellen. Die endosmotische Thätigkeit beginnt; das mit den Nahrungsmitteln der Pflanzen versehene Wasser dringt durch die Zellwände der Wurzeln ein, steigt immer weiter empor, wobei es einerseits die Nahrung abgiebt, anderseits auch gewisse in den Zellen enthaltene Stoffe wie Zucker löst und sie nach oben befördert. Beim Anschneiden vieler Pflanzen läuft dieser Saft in großer Menge heraus. Natürlich geht das Aufsteigen der Flüssigkeit da im größten Maßstabe vor sich, wo sich der Durchdringung die wenigsten Hemmnisse darbieten; an den äußeren Theilen des Stengels oder Stammes mehr als im Innern, wo durch Inkrustation die Zellen bereits holzig geworden sind. Wenn endlich der aufsteigende Saft in die äußersten Organe der Pflanze, in die Blätter gelangt ist, so kommt noch ein Umstand hinzu, der zu einem neuen Hebel für das Aufsteigen der Flüssigkeit wird. Durch die Blätter nämlich verdunstet der größte Theil

des Wassers wieder, das bloß zur Lösung der Nahrungsstoffe, nicht aber zur Ernährung gedient hat. In dieser Richtung angestellte Versuche haben unter Andern gezeigt, daß z. B. ein einziger Kohlkopf in Zeit von 12 Stunden 1 Pfund 6 Loth und ein Morgen Landes von 40,000 □' Oberfläche, der mit Hopfen bepflanzt war, in 120 Tagen 4,250,000 Pfund Wasser durch Verdunstung abgab. Dadurch wird der Saft in den Blättern concentrirt und die natürliche Folge davon ist, daß stets neue Flüssigkeit vom Boden aus nach oben strömen muß; weil nach Hales durch die Verdunstung des Wassers im Innern der Zelle leere Räume entstehen, und nun der Druck der Luft zur Wirkung gelangt. Die Kraft, womit der Saftstrom in die Höhe steigt, ist sehr bedeutend: In einer Glasröhre, welche auf einem Weinstock, der 7 Zoll über dem Boden abgeschnitten worden war, befestigt wurde, stieg der Saft 25—30' hoch.

Als treibendes Mittel für den aufsteigenden Saft ist noch zu erwähnen die Haarröhrchenanziehung. Dieselbe wird dadurch veranschaulicht, daß man in ein Gefäß mit Wasser Glasröhren von verschiedenem Durchmesser bringt. Das Wasser stellt sich nun nicht, wie man erwarten sollte, im äußern Gefäß und den eingetauchten Röhren in ein und dieselbe Ebene, sondern es steigt in den Röhren höher. Der Unterschied zwischen dem Stande des Wassers im äußern Gefäß und dem in der Röhre ist um so größer, je geringer der Durchmesser der Letzteren ist. Bedenkt man nun, wie fein die Poren der Zellenwände und die Interzellulargänge sind, so wird begreiflich, wie diese Eigenschaft nicht ohne Bedeutung für das Aufsteigen des Saftes sein kann, wenn sie auch nicht die Wichtigkeit der eudosmotischen Kraft hat. Das Aufsteigen des Oeles, Weingeistes im Dochte der Lampe oder der Dinte in ein eingetauchtes Fließpapier hat denselben Grund.

## Die Stoffe, welche während dem Lebensprozeß in der Pflanze erzeugt werden.

Ihre Zahl ist sehr groß und sie sind theils im Wasser der Zellräume gelöst, theils in fester Form ausgeschieden. Wir müssen uns hier bloß auf die Betrachtung derjenigen beschränken,

die als Nahrungsmittel für die Thiere von besonderer Bedeutung sind und führen außer Zellstoff an: Stärkemehl, Zucker, Eiweiß, Fibrin, Kleber und Pflanzenkäsestoff. Nebst diesen sind in den Zellräumen der Pflanzen noch vorhanden: Organische Basen, wie Chinin, Morphin, Strichnin, die in geringen Dosen ausgezeichnete Heilkraft besitzen; organische Säuren, z. B. Kleesäure, Aepfelsäure, Weinsteinsäure, zum Theil frei, theilweise an Basen, Kali und Kalk gebunden; fette und ätherische Oele, so das Rapsöl, Leinöl, Terpentinöl u. s. w. — Die Zelle ist der Ort, wo die Bildung aller dieser Körper auf geheimnißvolle Weise stattfindet.

### 1. **Zellstoff** (Cellulose). Pflanzenfaser. $C_{12}H_{10}O_{10}$.

Vorkommen: Aus Zellstoff bestehen die Zellwände aller Pflanzen.

Darstellung der reinen Pflanzenfaser: Zerkleinerte Pflanzen oder Pflanzentheile werden abwechselnd mit verdünnter Kalilösung und Salzsäure behandelt, wodurch nach und nach alle fremden Substanzen ausgezogen werden. Baumwolle und Filtrirpapier sind ziemlich reiner Zellstoff.

Eigenschaften: Die chemisch reine Cellulose stellt eine farblose, durchscheinende, unkrystallinische Masse dar, die in Wasser und Weingeist unlöslich ist. — Durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure geht sie in Zucker über; es gelingt also z. B. durch Kochen von Sägespähnen mit Wasser, dem etwas Schwefelsäure zugesetzt wurde, Zucker zu erhalten. — Eine merkwürdige Veränderung erleidet die Pflanzenfaser durch Salpetersäure. Taucht man 5 Minuten lang Baumwolle in Salpetersäure oder besser in ein Gemisch von einem Theil Salpetersäure und zwei Theilen Schwefelsäure ein, wäscht sie nachher gut aus und trocknet sie auf einem mäßig warmen Ofen, so brennt sie beim Anzünden augenblicklich ab, ohne einen Rückstand zu hinterlassen. Sie ist jetzt in Schießbaumwolle übergegangen, welche als Ersatz des Schießpulvers an vielen Orten angewendet wird.

Der Gehalt an Cellulose beträgt bei gebeuteltem Weizenmehl $^3/_{1000}$, bei Roggen, Erbsen und Bohnen etwa $^1/_{20}$, bei Kar-

toffeln ungefähr $^1/_{15}$ des Gewichtes. Verdaulich ist die Cellulose meistens nur im jugendlichen Zustande.

## 2. Stärkemehl (Amylum). $C_{12}H_{10}O_{10}$.

Vorkommen: Sehr verbreitet; besonders in den Nahrungsmitteln, die wir täglich gebrauchen. In den Zellen der Kartoffeln, im Mehl der Getreidearten, in den Hülsenfrüchten u. s. w.

Darstellung: Rohe Kartoffeln werden zuerst von der Rinde befreit und dann fein geraspelt, wodurch die Zellen, worin das Stärkemehl eingeschlossen ist, zerstört werden. Man bringt sie jetzt auf ein feines Sieb, das über einem Gefäße steht und läßt einen Wasserstrahl darauf fallen. Es läuft eine trübe Flüssigkeit von Stärkemehl und Wasser durch; in dem untergelegten Gefäße setzt sich Stärkemehl bald am Boden ab, da es schwerer als Wasser ist; der Zellstoff bleibt auf dem Siebe zurück. Auch dadurch läßt sich Stärke erhalten, daß man angefeuchtetes Getreide an der Luft liegen läßt. Der Kleber fault nach und nach, während das Amylum größtentheils unverändert bleibt.

Eigenschaften: Das Stärkemehl bildet ein weißes, am Lichte schimmerndes Pulver. Die einzelnen Körner haben je nach ihrer Abstammung eine verschiedene Größe, am größten sind die der Kartoffeln, viel kleiner diejenigen von Getreidearten.

Betrachtet man ein Korn unter einem Vergrößerungsglas, so zeigt sich, daß um einen Punkt herum, den man Nabelfleck genannt hat, sich eine Reihe von Schichten angelagert haben.



Fig. 7.

Im kochenden Wasser quillt das Amylum nur auf, ohne sich zu lösen und bildet den im gewöhnlichen Leben sogenannten Kleister. Beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure geht es in Traubenzucker über; dieselbe Umwandlung erleidet das Stärkemehl auch während dem Keimen der Getreidekörner. Hierauf beruht die Bierbrauerei, die im Wesentlichen darin besteht, daß man Gerste bis zu einem gewissen Punkte keimen läßt, während welcher Zeit die Stärke der Körner in Zucker übergeht. — Nun wird der Keimungsprozeß unterbrochen und der gebildete Zucker durch Kochen mit Wasser aus dem Malze (gekeimte Gerste) ausgezogen. Durch einen Zusatz von Hopfen wird das Bier haltbarer gemacht und bekommt zugleich einen angenehm bittern Geschmack. Der gehopfte Malzauszug wird zuletzt durch Zusatz von Hefe in Gährung versetzt, wobei der Zucker in Weingeist und Kohlensäure zerfällt und das gegohrne Bier endlich bis zum Genuß in Fässern aufbewahrt, damit die Kohlensäure nicht entweichen kann, welche ihm den erfrischenden Geschmack gibt.

Das Aufgehen und die Lockerung des Brodes gründet sich auf denselben Vorgang. Die dem Brodteig zugesetzte Hefe bewirkt nämlich zunächst die Ueberführung eines Theils des Stärkemehles in Zucker und hernach in Kohlensäure und Weingeist, die beim Backen entweichen, das Brod auftreiben und es porös machen.

In 1000 Theilen enthalten die

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Kartoffeln | durchschnittlich | Stärkemehl | 154 | Theile. |
| Weizen | " | " | 568 | " |
| Roggen | " | " | 555 | " |
| Gerste | " | " | 482 | " |
| Hafer | " | " | 540 | " |
| Mais | " | " | 637 | " |
| Reis | " | " | 822 | " |
| Weizenbrod | " | " | 343 | " |
| Roggenbrod | " | " | 400 | " |
| Bohnen | " | " | 480 | " |

## 3. Der Zucker.

Von Zucker unterscheidet man drei Arten, nämlich Rohrzucker, Traubenzucker und Fruchtzucker. — Der Traubenzucker ist in den süßschmeckenden Früchten: den Trauben, Kirschen, Pflaumen und auch im Honig enthalten; er entsteht aus Zellstoff und Stärke, wenn sie mit verdünnter Schwefelsäure gekocht werden. Der Fruchtzucker findet sich dagegen in den sauren Früchten vor, sowie auch neben Traubenzucker im Honig, der demnach ein Gemisch von zwei Zuckerarten ist. — Viel bekannter aber ist der Rohrzucker, der besonders aus dem Zuckerrohr und den Runkelrüben erhalten wird.

### Rohrzucker $C_{12}H_{11}O_{11}$.

Darstellung: Der ausgepreßte Saft des Zuckerrohres wird mit Kalkmilch versetzt und gekocht, wodurch der größte Theil der darin enthaltenen fremden Körper entfernt wird. Hierauf dampft man den Saft so weit ein, bis er auskrystallisirt, und erhält so den gelben Zucker. Durch nochmaliges Auflösen in Wasser, Klären mit Eiweiß (gewöhnlich wird dazu Blut aus den Schlächtereien genommen) und Filtriren über Knochenkohle, die den Farbstoff wegnimmt, erhält man eine farblose Zuckerlösung, die abermals bis zu Krystallisiren eingedampft und dann in thönerne Formen gegossen wird. Hier wird die Zuckerlösung fest und kömmt in Form der Zuckerstöcke in den Handel.

Eigenschaften: Wenn eine Zuckerlösung langsam verdunstet, so krystallisirt der Zucker in farblosen Säulen heraus, die im Wasser sehr leicht, im Weingeist aber weniger löslich sind. Er schmeckt ganz süß.

Alle Zuckerarten werden in Berührung mit Hefe in Weingeist und Kohlensäure zerlegt. Die Gährung ist im Allgemeinen schon früher besprochen worden und wir haben hier nur noch hinzuzufügen, daß viele Pflanzensäfte außer Zucker zugleich noch einen eiweißartigen Stoff enthalten, der in Berührung mit der Luft in Ferment übergeht. — Der ausgepreßte Traubensaft geräth z. B. von selbst in Gährung, ohne daß man Hefe hinzusetzt. Der Vorgang ist dabei folgender: Das Eiweiß desselben wird in Berührung mit der Luft in Zersetzung übergeführt und

trägt diese Zersetzung auch auf die mit ihm in Berührung stehende Zuckerlösung über, so daß die Atome des Zuckers sich anders lagern, d. h. zu Weingeist und Kohensäure sich zusammen legen.

$$C_{12}H_{11}O_{11} + HO = 2\underbrace{(C_4H_6O_2)}_{\text{Weingeist.}} + 4\,CO_2.$$

Obgleich dabei das Ferment oder der in Zersetzung begriffene Eiweißstoff weder in die Zusammensetzung des Weingeistes noch der Kohlensäure eingeht, so ist doch für ein bestimmtes Quantum Zucker auch ein bestimmtes Quantum Hefe nothwendig, um ihn vollständig zu zerlegen. Ist der Zucker im Safte der Trauben, wie z. B. in den südlichen Ländern, im Ueberschuß da gegenüber dem Eiweißstoff, so geht nicht aller Zucker in Gährung über und die Weine schmecken süß.

In 100 Theilen oder Procenten enthalten die Zuckerarten nnd Cellulose

| | Rohrzucker. | Fruchtzucker. | Traubenzucker. | Zellstoff. |
|---|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | 42,58 | 40,46 | 36,80 | 44,44 |
| Wasserstoff | 6,37 | 6,65 | 7,01 | 6,18 |
| Sauerstoff | 51,05 | 52,89 | 56,19 | 49,38 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Die Getreidesamen von Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Mais und Reis enthalten durchschnittlich in 1000 Theilen 32,71 Theile Zucker; Erbsen, Bohnen und Linsen Stärke und Zucker zusammengenommen 527, Kirschen 117, Birnen 87; Trauben 143 Theile Zucker allein.

## Die Eiweißkörper (Albuminate).

Die eiweißartigen Stoffe gehören mit zu den wichtigsten Körpern, die während der Vegetation der Pflanze erzeugt werden.

Vorkommeu: Man findet sie sowohl im Pflanzen- und Thierreich und weiß mit Bestimmtheit, daß sie ursprünglich in den Pflanzen gebildet und im Thiere nur verändert werden.

Allgemeine Eigenschaften. Die Eiweißstoffe können sämmtlich zwei verschiedene Zustände annehmen; in dem einen Zustande sind sie im Wasser löslich, im andern unlöslich. Man

hat drei Arten derselben unterschieden: Eiweiß, Käsestoff (Casein) und Fibrin. Das Eiweiß gerinnt, d. h. es geht aus der im Wasser löslichen Form schon durch Erhitzen (Sieden der Eier) in die unlösliche über; das Fibrin erleidet diese Veränderung bei der Berührung mit der Luft und Casein bei der Berührung mit der Schleimhaut des Kälbermagens (Käserei). In dem im Wasser löslichen Zustande stellen die eiweißartigen Stoffe harte, durchscheinende, mehr oder weniger gefärbte, dem arabischen Gummi ähnliche Massen dar, die im Wasser zuerst aufquellen und sich hernach lösen, dagegen in Weingeist unlöslich sind; in der im Wasser unlöslichen Abänderung sind sie unkrystallinische flockige oder klumpige, geruch- und geschmacklose Körper.

In Bezug auf chemische Zusammensetzung sind sie einander sehr ähnlich. Wir nehmen bei der Beschreibung der Albuminate die Eiweißstoffe des Thierreiches zum Vorbild.

## 1. **Eiweiß** (Albumin).

Vorkommen: In dem Eiweiß der Vogeleier, namentlich im Ei des Huhnes, in der Blutflüssigkeit, im Eigelb mit Fett und Farbstoff vermischt, sowie auch in den Blutkörperchen.

Darstellung: Der entleerte Inhalt des Hühnereies wird mit Wasser vermischt, geschüttelt und hernach abfiltrirt, wobei der Dotter auf dem Filtrum bleibt. Die durchgegangene Flüssigkeit wird dann bei einer Temperatur, die 50 ° nicht übersteigen darf, verdunsten gelassen, damit das Eiweiß nicht gerinnt. Der Rückstand wird noch mit Alkohol behandelt, um etwas beigemischtes Fett auszuziehen.

Eigenschaften: Eine gelblich weiße, durchsichtige, harte Masse, die im Wasser untersinkt, nach und nach aufquillt und sich löst. Erhitzt man eine klare wässerige Albuminlösung in einem Gläschen, so tritt zuerst Trübung ein und zuletzt scheidet sich das Eiweiß in großen, farblosen Flocken aus. Diese Gerinnung des Eiweißes ist von einer theilweisen Zersetzung desselben begleitet, indem sich Schwefelwasserstoff entwickelt; Schwefelwasserstoff entsteht auch beim Faulen der Eier, wie schon oben angeführt wurde. Durch Zusatz von Weingeist, Schwefelsäure,

Metallsalzen u. s. w. wird das gelöste Albumin ebenfalls aus der Lösung im Wasser ausgeschieden oder in die unlösliche Form übergeführt.

Das Eiweiß des Eidotters und des Blutes ist in seinem Verhalten etwas, aber nicht wesentlich vom Eiweiß der Vogeleier verschieden.

## 2. Käsestoff (Casein).

Vorkommen: Das Casein ist in der Milch der Säugethiere enthalten.

Darstellung: Man versetzt Milch mit verdünnter Salzsäure, worauf sich der Käsestoff mit etwas Fett ausscheidet. Durch Zusatz von kohlensaurem Natron löst sich das Casein auf und kann so von dem unlöslichen Fett (Rahm) getrennt werden. Aus der Lösung in Soda wird der Käsestoff abermals mit Salzsäure gefällt und durch Behandlung mit Aether die letzten Spuren von Fett weggenommen.

Eigenschaften: Aus Lösungen ausgeschieden bildet das Casein eine farblose, voluminöse, flockige Masse, die im Wasser unlöslich ist, in der Wärme aber durchscheinend, fest oder hornähnlich wird. Das Casein wird, wie aus der Darstellung hervorgeht, nicht bloß durch Kalbermägen in den unlöslichen Zustand verwandelt und aus Flüssigkeiten ausgeschieden, sondern auch durch Säuren. In Berührung mit der Luft geht es in ein Ferment über wie alle Eiweißstoffe und vermag als solches z. B. Milchzucker in Milchsäure überzuführen.

## Fibrin (Faserstoff).

Vorkommen: In der Blutflüssigkeit, neben Eiweiß im Wasser des Blutes gelöst. Frisch gelassenes Blut gerinnt nach einiger Zeit bei der Berührung mit der Luft und es scheidet sich dabei eine rothbraune dicke Masse (der sogenannte Blutkuchen) von einer gelblich gefärbten Flüssigkeit, dem Blutserum, aus. Der Grund dieser Veränderung ist das Fibrin.

Darstellung: Frisch gelassenes Blut wird mit einem Stocke durchgerührt, um es so viel als möglich mit Luft zusammen zu bringen; das Fibrin gerinnt und hängt sich in langen Faden

an den Stock an, hüllt aber auch Blutkörperchen ein, die durch Bespritzen mit Wasser entfernt werden können.

Eigenschaften: Charakteristische Eigenschaft des Fibrins ist es, schon durch bloße Berührung mit der Luft in den unlöslichen Zustand überzugehen, so daß es in löslicher Form nur in dem Blute vorkömmt, das noch in den Adern kreist. — Das geronnene Fibrin bildet weiche, farblose Fasern, die im reinen Wasser unlöslich sind, dagegen im salpeterhaltigen Wasser sich lösen.

Die Untersuchung der Zusammensetzung des Hühnereiweißes, des Caseins und Fibrins hat folgende Resultate gegeben:

| | Eiweiß der Hühner. | Casein. | Fibrin. |
|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | 53,4 | 53,6 | 52,6 |
| Wasserstoff | 7,0 | 7,1 | 7,0 |
| Stickstoff | 15,6 | 15,7 | 17,4 |
| Sauerstoff | 22,4 | 22,6 | 21,8 |
| Schwefel | 1,6 | 1,0 | 1,2 |
| | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

## Die Eiweißstoffe im Pflanzenreich.

Nachdem die Albuminkörper zum bessern Verständniß ihrer Eigenschaften geschildert worden sind, wie sie sich in den thierischen Säften finden, haben wir bloß noch ihr Vorkommen in den Pflanzen zu erwähnen, da hier, wie bereits bemerkt, ihre Entstehungsstätte ist.

1) Albumin: Das Pflanzeneiweiß ist unter allen Albuminarten das verbreitetste und beinahe im Zellsaft jeder Pflanze gelöst. — Nichts ist z. B. leichter, als sich vom Eiweißgehalt der Kartoffeln zu überzeugen. Man braucht bloß den ausgepreßten Saft derselben zu erhitzen, wobei sich das Eiweiß in Flocken abscheidet. Seine Zusammensetzung ist nicht wesentlich von derjenigen des Hühnereiweißes verschieden.

2) Pflanzenkäsestoff (Legumin). Ist namentlich in den Samen der Leguminosen oder Hülsenfrüchte, also in den Erbsen, Bohnen, Linsen u. s. w. enthalten und hat dieselben Eigenschaften wie das Casein der Milch.

## Pflanzenfibrin (Kleber.)

Die Getreidekörner bestehen der Hauptsache nach aus Stärkemehl und einer zähen, klebrigen Masse, die zurückbleibt, wenn Mehl geknetet und dann mit Wasser ausgewaschen wird. Man hat diese Substanz Kleber genannt und gefunden, daß sie in zwei Stoffe zerlegt werden kann. Kocht man sie nämlich mit Weingeist aus, so löst sich ein Theil, der sogenannte Pflanzenleim, was sich dabei nicht löst ist das Pflanzenfibrin, eine gräulich weiße, elastische, iu Wasser nicht, dagegen in verdünnter Salzsäure und Kali lösliche Masse.

An eiweißartigen Stoffen, Kleber und Eiweiß, werden gefunden in 1000 Theilen: Im Weizen 135, im Roggen 107, in der Gerste 122, im Hafer 90, im Reis 50 Theile; an Pflanzenstoff und Eiweiß zusammen zeigten Erbsen 223, Bohnen 220, Linsen 264 Gewichtstheile.

In dem vorhergehenden wurden die einzelnen Aschenbestandtheile und die als Nahrungsmittel werthvollsten Stoffe einzeln angeführt; um aber einen Ueberblick über sämmtliche Bestandtheile einer Pflanze zu geben, führen wir die Analyse von mehrern Kartoffelarten im Mittel an:

| | | |
|---|---|---|
| Eiweiß | 1,323 | Organische Bestandtheile 25,350 %. |
| Stärkemehl | 15,455 | |
| Dextrin | 1,895 | |
| Zellstoff | 6,443 | |
| Fett | 0,156 | |
| Extractivstoff | 0,078 | |
| Kali | 0,626 | Aschenbestandtheile der ungetrockneten Kartoffel 1,025. |
| Natron | Spuren | |
| Kalk | 0,026 | |
| Bittererde | 0,053 | |
| Eisenoxyd | 0,005 | |
| Phosphorsäure | 0,179 | |
| Schwefelsäure | 0,047 | |
| Chlorkalium | 0,058 | |
| Chlornatrium | 0,013 | |
| Kieselsäure | 0,018 | |
| Wasser | 73,625 | Wasser 73,626. |
| | 100,000. | |

Die oben angegebene Aschenmenge der Kartoffeln: 2,76 % bezieht sich auf die getrocknete, wasserfreie Knolle.

## Bedeutung der abgehandelten Körper als Nahrungsstoffe.

Zellstoff, Stärke und Zucker enthalten keinen Stickstoff, dagegen sind die Eiweißkörper stickstoffhaltig und darauf gründet sich ihre verschiedene Bedeutung als Nahrungsmittel für den Menschen und die Thiere. Beide Arten von Stoffen sind, wie sie die Natur im Verlauf des pflanzlichen Lebens hervorbringt, zur Erhaltung des thierischen Körpers gleich nothwendig, wenn sie auch nicht dieselben Forderungen befriedigen.

Fast alle Gebilde des thierischen Körpers mit Ausnahme des Fettes weisen in ihrer Zusammensetzung Stickstoff auf, und daraus folgt, daß zum Aufbau derselben stickstoffhaltige Nahrung nothwendig ist. Bei der Blutbildung, der Flüssigkeit, wodurch das thierische Leben unterhalten wird, sind auch in der That die Albuminate zunächst betheiliget und insofern sie nun beim Kreislauf des Blutes namentlich die Muskelfasern bilden, hat man sie plastische oder formbildende Nahrungsstoffe genannt.

Stärke, Zucker und junger Zellstoff erfüllen andere Zwecke. Man weiß von ihnen mit ziemlicher Gewißheit, daß sie:

1) Zur Unterhaltung des Athmungsprozesses dienen, d. h. daß ihr Kohlenstoff durch den eingeathmeten Sauerstoff zu Kohlensäure verbrennt, wodurch im Körper die zur Erhaltung des Lebens nöthige Wärme entsteht.
2) Daß sie theilweise im thierischen Organismus in Fett übergehen.

Beispiele für die Umwandlung der stickstofffreien Nahrungsmittel im Fett sind dem Landwirthe täglich vor Augen. Schweine und Vieh überhaupt, die mit Kartoffeln gefüttert werden, nehmen an Fettmenge zu, Bienen mit bloßem Zucker genährt, erzeugen daraus die Zellen oder Wachs, einen Fettkörper. Dieses Fett kann von nichts anderem als von dem in den Kartoffeln enthaltenen Stärkemehl und dem dargereichten Zucker herrühren. Von stickstofffreien Nahrungsmitteln allein ist es aber ebenso

wenig möglich, das Leben auf die Dauer zu erhalten, als von ausschließlich stickstoffhaltigen. Die pflanzlichen und thierischen Nahrungsstoffe vereinigen stets beide Klassen von Körpern, aber in sehr verschiedenem Verhältniß. Reis z. B. zeigt in seiner Zusammensetzung 82 % Stärke und nur 5 % Eiweißkörper; Kartoffeln etwas über 1 % Eiweiß neben 15 % Amylum, Bohnen enthalten dagegen 22 % Käsestoff, Eiweiß und Kleber und 49 % Stärke und Zucker. Wer sich daher bloß von Reis oder Kartoffeln nährt, erhält hiedurch wohl reichlich Stoff zum Athmungsprozeß und zur Fettbildung, muß davon aber ein sehr bedeutendes Quantum verzehren, um genug Eiweiß zu bekommen, das zum Ersatz der verbrauchten Körpertheile nothwendig ist. Ein verhältnißmäßig geringes Gewicht von stickstoffreichem Rindfleisch genossen, würde daher schon genügen, um dasselbe Bedürfniß zu decken.

Die spirituösen Getränke: Branntwein, Wein und Bier dienen im Körper ebenfalls fast nur zur Verbrennung. Das Bedürfniß nach stickstofffreien Nahrungsmitteln ändert sich nach Klima und Jahreszeit. Je niedriger die äußere Temperatur ist, um so mehr Wärme wird vom Körper abgegeben und um so mehr Brennmaterial: Zucker, Stärke, Fette u. s. w. müssen auch verzehrt werden. Im Winter ist bei uns der Appetit regelmäßig größer und die nordischen Völker verzehren erstaunliche Mengen Fett, um sich vor Erfrieren zu schützen; in südlichen Ländern und während der heißen Jahreszeit verhält es sich gerade umgekehrt, und mit Recht wurde in der mosaischen Gesetzgebung den Israeliten der Genuß des Schweinefleisches verboten. —

Wenn man auch hiemit die Eintheilung der Nahrungsstoffe in Respirations- und plastische Nahrungsmittel festhalten kann, so ist doch eine genaue Trennung in zwei Klassen nicht möglich. Bei Thieren z. B., die den Winterschlaf halten, wird wohl zunächst das im Sommer angehäufte Fett zur Unterhaltung des Athmungsprozesses verzehrt, aber es scheint, daß auch die stickstoffhaltigen Körpertheile dazu Material liefern und insofern Zucker und Stärke im Körper in Fett sich verwandeln, werden sie auch zu plastischen Nahrungsmitteln.

Als Muster eines Nahrungsstoffes steht die **Milch** da, indem die Untersuchung ihrer Zusammensetzung dargethan hat, daß sie nicht allein stickstoffhaltige und stickstofffreie Körper, sondern auch die Aschenbestandtheile in der Menge und dem Umfang enthält, daß sie alle Bedürfnisse beim Wachsthum des thierischen Körpers befriedigt. Unter dem Vergrößerungsglas erscheint sie als eine klare Flüssigkeit, in der zahlreiche Kügelchen von 0,01 bis 0,03 Millimeter schwimmen. Es sind dieß die von einem feinen Häutchen umschlossenen Fettkörperchen. In der Flüssigkeit sind Milchzucker, Käsestoff und anorganische Salze (Chlornatrium, phosphorsaurer Kalk, phosphorsaures Kali, kohlensaure Alkalien u. s. w.) im Wasser gelöst. Im Mittel hat die Milch folgende Zusammensetzung:

| | | |
|---|---|---|
| Butter | 4,989 | Fettkörperchen. |
| Käsestoff und Albumin | 3,943 | Milchflüssigkeit. |
| Milchzucker | 4,323 | |
| Aschenmenge | 0,592 | |
| Wasser | 86,153 | |
| | 100,000 | |

Beim Stehen der Milch steigt das Fett in Folge seines geringern spec. Gewichtes in die Höhe, sammelt sich an der Oberfläche an und bildet den Rahm; natürlich wird die untenstehende Milchflüssigeit dadurch heller und bläulich.

Durch Berührung mit der Luft geräth hierauf der Käsestoff in Zersetzung; er geht in Ferment über und verwandelt als solches den Milchzucker in Milchsäure. (Sauerwerden der Milch.) Die Milchsäure hinwiederum coagulirt das noch unzersetzte Casein, welches als feste Masse sich ausscheidet: die Milch wird dick, wie man sich im gewöhnlicheu Leben ausdrückt. Die dicke Milch ist also ein Gemenge von geronnenem Käsestoff mit eingeschlossenem Fett, nebst Milchsäure und Wasser. Durch Aufkochen der Milch wird die Coagulation des Caseins verzögert, indem dadurch die atmosphärische Luft, welche zu der Zersetzung des Caseins den Anstoß giebt, ausgetrieben wird. Wegen der großen Wichtigkeit, welche die Milch als Nahrungsmittel hat,

sind zu ihrer Untersuchung mehrere Methoden vorgeschlagen und besonders sogenannte Lactometer (Milchgütemesser) construirt worden; allein bei der complizirten Zusammensetzung der Milch können die Letztern stets nur ungenaue Resultate geben; ein sicheres Urtheil über Güte und Verfälschung des in Rede stehenden Nahrungsmittels giebt nur die quantitative Bestimmung seiner vorzüglichsten Bestandtheile: des Fettes, Käsestoffes, Milchzuckers und Wassers. (Siehe Anleitung zur Analyse.)

# Agricultur-Chemie.

## II. Praktischer Theil.

### 1. Die Ackererde.

Bildung und Eigenschaften: Eine strenge Abtheilung der Ackerbauchemie in einen theoretischen und praktischen Theil ist, wie in vielen andern Disciplinen, nicht durchführbar; wir geben aber dem zweiten Theile diese Aufschrift, insofern er die Düngerlehre und die Mittel zur Verbesserung des Bodens in sich begreift und beginnen zunächst mit der Bildung der Ackerkrume und ihren Eigenschaften im Allgemeinen.

Die Ackererde ist nicht allein durch die Verwitterung der krystallinischen Gebirgsmassen (bei uns den Alpen), sondern auch der geschichteten Steine, wie des Jura, entstanden und zwar war hiebei, wie schon früher bemerkt, vor Allem Wasser, Kohlensäure und der Sauerstoff der Luft thätig. Nachzutragen ist nur noch, daß, sobald einmal die genannten Körper eine oberflächliche Verwitterung der festen Felsmassen hervorgebracht hatten, auch die Ansiedlung der Pflanzenwelt einen sehr bedeutenden Antheil gewann, wie man sich heut zu Tage noch überzeugen kann, da wo die Wurzeln in die Gesteine eindringen und dieselben mit Gewalt auseinander sprengen. Nur an wenig Stellen sind die Produkte der Verwitterung der Gesteine an ihrer Bildungsstätte stehen geblieben (Verwitterungsboden); fast überall wurden sie durch Ueberfluthungen, die in der Vorzeit in

Folge von Erderhebungen in viel größerem Maßstabe als heute stattfanden, von ihrem Entstehungsorte weggeschlemmt, so daß hie und da Ackerboden gefunden wird, der eine andere Zusammensetzung zeigt als der darunter liegende feste Grund (aufgeschlemmter Boden). — Je nach der Natur der verwitternden krystallinischen Gebirge (Granit, Syenit, Gneis, Thonschiefer u. s. w.) und der sedimentären Formationen (Jura, Trias 2c.) verändert sich auch die Zusammensetzung des Verwitterungsbodens. Der untere zuerst gebildete aufgeschlemmte Boden heißt man in der Geologie Diluvium, die obersten Theile des Ackerbodens dagegen Alluvium. Die Bedeutung, welche der Ackerboden im Allgemeinen für die Vegetation (Wachsthum) der Pflanzen hat, läßt sich in folgenden Punkten zusammen fassen:

1) In der Ackererde findet die Pflanze ihre Befestigung, so daß sie den äußern Einflüssen zu widerstehen vermag. Die Beschaffenheit des Bodens ist dabei von großem Belang. Durch die Wurzeln bezieht sie nämlich ihre Aschenbestandtheile ausschließlich, sowie einen Theil der Kohlensäure, des Ammoniakes und Wassers und daraus folgt, daß je mehr die Wurzeln sich entfalten können oder je weniger der Boden der Ausbildung der Wurzeln Hindernisse entgegensetzt, um so größer der Kanal wird, durch welchen ihr Nahrung zufließt.

Der Ackerboden liefert demnach der Pflanze einen großen Theil ihrer Nahrungsmittel.

2) Die Ackerkrume hält das niederfallende Regenwasser zurück. Diese Eigenschaft ist um so wichtiger, da das Wasser nicht allein selbst ein Nahrungsstoff ist, sondern auch der Uebergang aller übrigen Stoffe in den Pflanzenorganismus vermittelt. In Bezug auf das Vermögen, Wasser anzuziehen und es zurück zu halten, verhalten sich die einzelnen Bestandtheile der Ackerkrume verschieden; am größten ist es bei Humus, Thon, fein zertheilter Bittererde und Kalk; sehr wenig sind Sand und grober Kalk geeignet, Wasser zu fesseln. Der Vorgang beruht nicht auf einer chemischen Verbindung, sondern es ist dabei bloß eine Flächenanziehung (Adhäsion) thätig, die bei ein und demselben Körper um so bedeutender wird, je poröser und feiner zertheilt er ist. — Dieselben Stoffe, welche gegen Wasser ein bedeutendes

Anziehungsvermögen zeigen, nehmen auch Gase, Kohlensäure, Ammoniak und Luft auf und halten sie zurück, bis sie durch die Lebensthätigkeit der Vegetabilien aufgesogen werden.

3) Die Salzlösungen der Alkalien werden beim Durchsikern durch die Ackerkrume ebenfalls von derselben zurückgehalten. Daraus erklärt sich, wie auch durch anhaltenden Regen die Nahrungsstoffe nicht weggeschlemmt werden und daß eine Düngung auf mehrere Jahre ihre Wirkung auszudehnen vermag. — Mistjauche, die man durch Ackererde hindurchsikern läßt, verliert ihren Geruch und die braune Farbe; das darin gelöste Ammoniak wird ganz, Kali und Phosphorsäure werden größtentheils fixirt.

4) Was den Humus des Ackerbodens betrifft, so bedarf er noch einer besondern Erwähnung. Nebstdem, daß er Feuchtigkeit bindet, die Erde locker macht und bei seiner Fäulniß Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und Aschenbestandtheile liefert, gerade in der Form, wie sie die Pflanze bedarf, entbindet er beim Prozesse der Verwesung noch Wärme, die von wesentlicher Bedeutung bei der Vegetation ist.

Diese allgemeinen Eigenschaften des Ackerbodens sind je nach dem Ursprung, der Zusammensetzung, dem Grade der Bearbeitung und Düngung sehr ungleich entwickelt. Der Boden, wie ihn die Natur durch die Verwitterung der Felsmassen und Ueberschwemmungen hervorgebracht hat, wird gewöhnlich in folgende Arten eingetheilt:

I. Thonboden, enthält 50—55 % Thon.

II. Kalkboden, enthält über 20 % Kalk.

III. Sandboden, mit mehr als 80 % Sand.

Als zwischen den genannten Bodenarten liegend werden noch angenommen:

IV. Mergelboden, mit einem Thongehalt, der zwischen 20 und 50 % liegt und einen Kalkgehalt zwischen 5 u. 30 %.

V. Lehmboden, enthält ebenfalls zwischen 20 und 50 % Thon, aber weniger Kalk als Mergelboden.

VI. Humusboden. Mit diesem Namen bezeichnet man hie und da Ackerboden, der mehr als 5 % Humusmaterien aufweist.

## A. Thonboden.

Der reine Thon bildet beim Zusammenkommen mit Wasser eine zähe, formbare Masse, die der Ausbreitung der Wurzelfasern nicht unbedeutende Hindernisse entgegensetzt; in der Wärme verdunstet das Wasser, der Thon bekommt Risse und die Wurzeln werden bloß gelegt. — Aus diesem Grunde ist reiner Thonboden nicht günstig für die Entwicklung der Vegetation. Durch gute Bearbeitung, was der Thonboden vor Allem bedarf, durch Erzeugung einer gehörigen Menge von Humus, Beimischung von Kalk und Sand wird ihm die Bündigkeit genommen und er geht in einen sehr fruchtbaren Boden über. Alle diese Beimischungen machen nämlich den Thon locker, vermitteln den Zutritt der Luft und die chemische Thätigkeit der Verwitterung. Für die Beimengungen hat indeß in den meisten Fällen schon die Natur gesorgt; wo das nicht der Fall ist oder wenigstens nicht in gehörigem Maß, muß durch Zusätze nachgeholfen werden. Sehr häufig vorkommend ist der Lehmboden, ein Gemisch von Thon, Sand und Kalk. Sorgt man bei diesem Boden noch für die Erzeugung einer gehörigen Menge von Humus, so gedeihen auf ihm Weizen, Gerste, Roggen, Hafer, Kartoffeln u. s. w. recht gut.

## B. Kalkboden.

Kalkboden, bestehend größtentheils aus kohlensaurem Kalk oder Gyps, wird durch die Verwitterung leicht staubig und und flüchtig, während auffallender Regen ihn in eine breiartige Masse verwandelt. Solcher Kalkboden ist übrigens sehr selten; in der Regel findet man ihn mit Thon, Sand, etwas phosphorsaurem Kalk, Eisenoxyd ꝛc. gemischt. Eine gehörige Menge Thon wirkt im Kalkboden vorzüglich vortheilhaft. Es hat dieß seinen Grund besonders in der physikalischen Eigenschaft des Thones, das Wasser zu binden und zurückzuhalten, während der Kalk das Wasser leichter durchläßt, theils das Aufgenommene wieder abdunstet. Ist dem Kalkboden eine nicht zu große Menge Thon beigemischt, so wird er mit Mergelboden bezeichnet; der Unterschied zwischen Lehm- und Mergelboden besteht also darin, daß der Erstere der Hauptsache nach ein Gemisch von

Thon und Sand, der Letztere ein Gemisch von Kalk und Thon darstellt. Der Mergelboden ist sehr fruchtbar, wozu namentlich die physikalische Wirkung des Thones sowohl, als sein Gehalt an Alkali beitragen. Sehr häufig sind Lehm- und Mergelboden braunröthlich gefärbt, was von einer Beimengung von Eisenoxyd und auch Manganoxyd herrührt. Da nun das Eisenoxyd ähnliche Eigenschaften wie der Thon besitzt, so wirkt es nicht nachtheilig; wenn aber das Land sehr feucht und wasserhaltig ist, so bilden sich durch Einwirkung von verwesenden Humussubstanzen auf dasselbe Eisenoxydulverbindungen, die sich auf das Wachsthum der Pflanzen schädlich erweisen. Im Kalkboden gedeihen vorzüglich Klee, Luzerne, Esparsette, Weizen, Roggen, Kartoffeln u. s. w.

## C. Sandboden.

Im reinen Sande gedeihen keine Pflanzen, da er nichts als unlösliche Kieselsäure ist. Er läßt das Wasser sehr leicht durch und wird, der Sonne ausgesetzt, sehr heiß. Reiner Sand wird kaum in der Natur gefunden, fast überall ist er noch mit andern Stoffen gemengt; aber auch der Boden, der nur in hervorragender Menge Sand enthält, bedarf der Verbesserung durch Zuführung von Thon, Kalk und Dünger und der Bewässerung, wodurch das schnell durchsikernde Wasser wieder ersetzt wird. Bei trockenen Jahren und ohne Bewässerung kann daher Sandboden fast ganz unfruchtbar sein. Daß der Sand aber durch Auflockerung des Thonbodens ausgezeichnet wirkt, wurde schon oben erwähnt.

## D. Humusboden.

Ist solcher, der 5—10% Humus enthält. Torf- und Moosboden bekommt durch die sich bildenden Humussäuren nicht selten saure Eigenschaften und ist dann dem Pflanzenwachsthum nicht förderlich. Durch Ableitung des Wassers, Zusatz von andern Bestandtheilen 2c. (siehe unten) können die Letztern in fruchtbare Böden umgewandelt werden.

Thon, Sand, Kalk und Humus können als wesentliche Bestandtheile aller fruchtbaren Ackererden bezeichnet werden, wobei

aber, wie es in der Natur wirklich der Fall ist, vorausgesetzt wird, daß sie auch die andern Nahrungsmittel des Pflanzenreiches einschließen.

---

## Beispiele von Bodenzusammensetzungen.

### I.

Ein Boden von der Ostküste Nordhollands enthält nach Mulder:

| | |
|---|---|
| Thon- und Kieselerde ꝛc. (in Salzsäure unlöslich . . . | 57,65 |
| In Soda lösliche Kieselerde . . . | 2,34 |
| Thonerde . . . . . . . | 1,36 |
| Eisenoxyd . . . . . . | 9,04 |
| Eisenoxydul . . . . . . | 0,35 |
| Manganoxydul . . . . . | 0,29 |
| Kalkerde . . . . . . . | 4,09 |
| Bittererde . . . . . . . | 0,13 |
| Kali . . . . . . . . | 1,03 |
| Natron . . . . . . . . | 1,97 |
| Ammoniak . . . . . . . | 0,06 |
| Phosphorsäure . . . . . | 0,47 |
| Schwefelsäure . . . . . | 0,90 |
| Kohlensäure . . . . . . . | 6,08 |
| Chlor . . . . . . . . | 1,24 |
| Huminsäure . . . . . . . | 2,80 |
| Quellsäure . . . . . . . | 0,77 |
| Quellsatzsäure . . . . . . . | 0,11 |
| Humin, Pflanzenreste und chemisch gebundenes Wasser . . . . | 8,32 |
| | 99,00 |

## II.

Sehr fruchtbare Erden aus Ungarn, enthaltend die äußersten Zahlen von 21 verschiedenen Bestimmungen.

| | |
|---|---|
| Thon- und Kieselerde ꝛc. (in Salzsäure unlöslich . . . | 59,67—89,23 |
| Kali . . . . . . . | 0,03— 0,23 |
| Natron . . . . . . | 0,03— 0,41 |
| Kalk . . . . . . . | 0,27—14,43 |
| Bittererde . . . . . . | 0,04— 1,73 |
| Thonerde . . . . . . | 0,73— 3,60 |
| Eisenoxyd . . . . . . | 2,82— 8,10 |
| Chlor . . . . . . | Spur 0,04 |
| Kieselsäure . . . . . | 0,14— 1,14 |
| Kohlensäure . . . . . | 0,17—11,78 |
| Schwefelsäure . . . . . | 0,39 |
| Phosphorsäure . . . . . | Spur 0,14 |
| Organische Substanz . . . . | 1,85— 9,55 |

## III.

Muschelkalkboden aus Kurhessen:

In Salzsäure unlöslich.

| | |
|---|---|
| Thon . . . . . . | 18,81 |
| Kali . . . . . . . | 0,03 |
| Natron . . . . . . | 0,03 |
| Kalk . . . . . . . | 50,95 |
| Bittererde . . . . . . | 2,11 |
| Thonerde . . . . . . | 0,78 |
| Eisenoxyd . . . . . . | 6,02 |
| Manganoxyd . . . . . | ? |
| Chlor . . . . . . | ? |
| Kieselsäure . . . . . . | 7,07 |
| Kohlensäure . . . . . | 10,20 |
| Schwefelsäur . . . . . | ? |
| Phosphorsäure . . . . . | Spur. |

Das umfassendste Bild einer Bodenzusammensetzung giebt die Analyse Nr. I., indem sie auch Rücksicht auf die verschiedenen Humusmaterien, sowie ihre Zersetzungsprodukte genommen hat; aus allen Analysen aber ist der geringe Gehalt des Bodens an Alkalien und Phosphorsäure ersichtlich. Daß daher eine Erschöpfung des Bodens an gewissen Bodenbestandtheilen möglich ist, leuchtet ein; wird aber erst recht einleuchtend, wenn man das Quantum an anorganischen Nahrungsstoffen in Berücksichtigung zieht, welche durch die Ernten der Ackerkrume entzogen werden.

Aus Versuchen, die in dieser Richtung angestellt worden sind, hat man folgende Tabelle entworfen.

## Die Ernten auf einer Hectare [1]) Landes von folgenden Pflanzen entziehen dem Boden in Kilogrammen [2]):

| | | Kali. | Natron. | Kalk. | Bittererde. | Phosphorsäure. | Schwefelsäure. | Kieselsäure. | Kochsalz und Chlorkalium. | Stickstoffhaltige Substanzen. | stickstofffreie Substanzen. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Weizen | Korn | 8,71 | 3,32 | 1,03 | 4 41 | 18,32 | 2,34 | 0,22 | — | 316,8 | 768,5 |
| | Stroh | 23,84 | — | 11,90 | — | 1,99 | 18,24 | 129,13 | 5,77 | 69,7 | 989,7 |
| | Summa | 32,55 | 3,32 | 12,93 | 4,41 | 20,31 | 20,58 | 129,35 | 5,77 | 386,5 | 1758,2 |
| Roggen | Korn | 6,14 | 1,88 | 1,06 | 2,72 | 11,84 | 1,58 | 0,42 | — | 197,1 | 871,2 |
| | Stroh | 15,25 | — | 8,03 | 2,12 | 3,38 | 6,12 | 57,21 | 0,73 | 46,0 | 1122,4 |
| | Summa | 21,39 | 1,88 | 9,09 | 4,85 | 15,22 | 8,70 | 57,63 | 0,73 | 243,1 | 1993,6 |
| Erbsen | Korn | 10,13 | 2,02 | 1,49 | 2,38 | 9,36 | 3,03 | 0,14 | 0,60 | 258,8 | 553,0 |
| | Stroh | 14,40 | 7,20 | 55,67 | 10,65 | 12,38 | 14,13 | 22,32 | 8,06 | 376,5 | 659,2 |
| | Summa | 24,53 | 9,22 | 57,36 | 13,03 | 21,74 | 17,16 | 22,46 | 8,66 | 635,3 | 1212,2 |
| Feldbohnen | Samen | 24,27 | 7,44 | 4,20 | 5.61 | 27,44 | 3,14 | 0,82 | 0,94 | 494,2 | 1028,68 |
| | Stroh | 9,48 | 8,23 | 22,53 | 4,41 | 7,48 | 8,57 | 7,00 | 0,24 | ? | ? |
| | Summa | 33,75 | 15,67 | 26,73 | 10,22 | 34,92 | 11,71 | 7,82 | 1,18 | — | — |
| Kartoffeln | Knollen | 100,44 | — | 6,51 | 17,11 | 27,90 | 13,78 | 11,16 | 10,78 | 524,9 | 3996,0 |
| | Kraut | 2,26 | 1,13 | 32,48 | 5,38 | 6,45 | 4,74 | 33,68 | 2,57 | 90,4 | ? |
| | Summa | 102,70 | 1,13 | 38,98 | 22,49 | 34,35 | 18,52 | 44,84 | 13,35 | 615,3 | — |
| Weiße Rüben | Rüben | 112,20 | 3,57 | 35,70 | 12,75 | 33,15 | 42,48 | 12,75 | 12,75 | 555,0 | 3540 |
| | Kraut | 21,14 | 1,50 | 18,27 | 5,32 | 1,13 | 10,29 | 3,40 | 2,33 | ? | ? |
| | Summa | 133,34 | 5,07 | 53,97 | 18,07 | 34,28 | 52,77 | 17,15 | 15,08 | — | — |
| Hanf, ganze Pflanze | | 9,72 | 0,56 | 46,98 | 5,67 | 5,67 | 1,38 | 8,91 | 1,62 | — | — |
| Rother Klee | | 144,00 | 119,23 | 158,40 | 47,80 | 36,28 | 18,36 | 28,80 | 34,56 | 926,0 | 5637 |
| Wiesengras | | 64,42 | 0,30 | 53,23 | 21,29 | 16,07 | 18,20 | 93,77 | 12,80 | 401,0 | 3606 |

[1]) 1 Hectare = 2 $^{7}/_{9}$ Jucharten zu 40,000 □'. [2]) 1 Kilogramm = 2 ℔.

Man sieht hieraus, daß durch ununterbrochene Cultur ein und derselben Pflanze auch ein Boden, der verhältnißmäßig viel reicher an Alkalien und Phosphorsäure wäre, — was aber in Wirklichkeit wohl nie der Fall ist, nach und nach eine Erschöpfung an denselben erleiden muß. Solche Beispiele von Erschöpfung weist die Geschichte der Agricultur besonders in Amerika auf. Das ganze Geheimniß einer rationellen Bewirthschaftung des Ackerbodens beruht also darin, trotz der fortgesetzten Cultur der Pflanzen, dafür zu sorgen, daß der Boden nicht nur nicht im Laufe der Zeit an Nahrungsstoffen ärmer oder gar erschöpft wird, sondern im Gegentheil sowohl in Bezug auf seine physikalischen Eigenschaften als seine chemische Zusammensetzung stets sich noch verbessert. Dieses Ziel wird vom Landwirthe erreicht: 1) Durch eine vernünftige, den Verhältnissen angemessene Wechselwirthschaft; 2) Durch gehörige Düngung und Bearbeitung des Bodens.

## A. Die Wechselwirthschaft.

Lange schon vor der Erkenntniß, welche Bestandtheile die Pflanzen zu ihrer Nahrung bedürfen, waren die Ackerbau treibenden Völker durch Erfahrung darauf gekommen, mit dem Anbau der verschiedenen Pflanzengattungeu abzuwechseln. Gegenwärtig ist es leicht, die Gründe für diese Verfahrungsweise zu entwickeln. Eine zweckmäßige Wechselwirthschaft muß 2 Punkte im Auge haben:

1) Sie muß der Art eingerichtet sein, daß zwischen einer Düngung und der andern die durch den Dünger hinzugebrachten Mineralbestandtheile sowie diejenigen des Bodens durch die Pflanzencultur gleichmäßig weggenommen werden und

2) Soll sie den Boden in physischer Hinsicht verbessern.

Ein nur oberflächlicher Blick auf die Zusammensetzung der verschiedenen Pflanzenaschen beweist, daß sie in Bezug auf die Qualität der Bestandtheile sämmtlich fast gleichmäßig sind; daß aber in Rücksicht auf die Quantität gewisser Stoffe, wie Kieselsäure, Alkalien, Kalk und Phosphorsäure ein sehr bedeutender Unterschied herrscht. Es ist leicht ersichtlich, daß sich über den Verbrauch der Mineralbestandtheile bei den Ernten eine Controle

führen läßt, wenn man einerseits das Gewicht und die Zusammensetzung des auf das Feld gebrachten Düngers kennt und dann die oben angeführte Tabelle zur Hand nimmt. Je nach der Quantitat und Qualität des Düngers kann so ein Umlauf — die Zeit von einer Düngung bis zur andern — 2, 3, 4, 6 Jahre umfassen.

Natürlicherweise muß aber die Fruchtfolge so eingerichtet sein, daß nach einander die verschiedenartigen Bestandtheile des Bodens und des Düngers zur Verwendung gelangen. Man läßt z. B. auf eine Kalipflanze (Rüben, Kartoffeln) eine Kieselpflanze (Weizen, Hafer, Roggen, Gerste) und hierauf eine Kalkpflanze (Klee, Erbsen) folgen. In einem sechsjährigen Umlauf könnten auf einander folgen:

1. Jahrgang: Kartoffeln.
2. Jahrgang: Korn.
3. Jahrgang: Klee.
4. Jahrgang: Rüben oder wieder Kartoffeln.
5. Jahrgang: Weizen.
6. Jahrgang: Klee oder Erbsen.

Fünfjähriger Umlauf.

1) Kartoffeln oder Runkelrüben, gedüngt.
2) Weizen, im Herbste des ersten Jahres gesäet und im Frühjahre mit Klee untersäet.
3) Klee, zwei Hiebe, der dritte untergepflügt.
4) Weizen und nach der Ernte Steckrüben.
5) Hafer.

(Boussingault.)

Die Dauer der Fruchtfolge, sowie eine bestimmte Angabe der Pflanzen, die auf einander folgen sollen, kann hier nicht angegeben werden; denn dieß ist nicht bloß von der Güte des Bodens und der Menge des Düngers, welcher auf das Feld gebracht wurde, abhängig, sondern auch von den Bedürfnissen des Landwirthes in einer gegebenen Gegend. Es läßt sich nur im Allgemeinen die Norm bezeichnen, wornach der Oekonom zu verfahren hat.

Glaser empfiehlt z. B. für unsere Gegend nachstehende Fruchtfolge:

1. Jahr: Hackfrucht, mit starker Düngung.
2. Jahr: Sömmerung, mit Kleeeinsaat.
3. Jahr: Klee, gegypst.
4. Jahr: Winterung (Weizen, Korn oder Roggen).
5. Jahr: Grünfutter oder Ackerbohnen, Erbsen, Wicken, mit halber Düngung.
6. Jahr: Winterung.

Selbstverständlich braucht ein armer Boden häufiger Düngung als ein reicher, um gehörige Ernten zu geben und ebenso kann auch während einer Fruchtfolge zu einer speziellen Pflanzenart ein besonders für sie passender Dünger zugesetzt werden. Wir wissen, daß die Getreidearten sämmtlich zur Ausbildung des Samens beträchtliche Mengen von phosphorsaurer Kalkerde bedürfen, somit wird bei der Ansaat ein Zusatz von Knochendünger vorzügliche Wirkung haben, sowie Asche beim Anpflanzen von Rüben und Kartoffeln ꝛc.; dagegen würde eine ununterbrochene mehrjährige Anpflanzung von Getreidearten auf ein und demselben Grundstücke Boden und Dünger an Phosphorsäure erschöpfen. Da die Pflanze den Bedarf an Nahrung zur Bildung des verbrennlichen Bestandtheils zum größten Theil aus der Luft bezieht, so muß mit allem Nachdruck darauf aufmerksam gemacht werden, daß man beim Ackerbau hauptsächlich dafür zu sorgen hat, daß die mineralische Nahrung stets in genügender Menge vorhanden ist. Werden diese nach den Ernten durch den Dünger nicht stets wieder ersetzt und ist dazu der Boden noch arm, so muß der Ausfall durch Zufuhr von Dünger oder künstlichen Düngmitteln gedeckt werden. „Die Kunst des Ackerbaues beruht auf der Wiederherstellung des gestörten Gleichgewichtes." (Liebig.) Noch ist die Frage, zu welcher Pflanzenart bei der Fruchtfolge gedüngt werden soll?

Hiebei handelt man sehr verschieden. Indessen möchte es bei der gegenwärtig herrschenden Kartoffelkrankheit gerathen sein, die Düngung nicht mit ihnen zu beginnen; nach Erfahrung vertragen Roggen und Korn am besten den frischen Dünger.

Ein anderer Punkt, den der Landwirth bei der Fruchtfolge im Auge zu behalten hat, ist die Verbesserung des Bodens. Viele Landwirthe sind geneigt, auf diesem Gegenstande noch mehr

zu halten als auf der Erschöpfung des Bodens an Mineralstoffen; es mag dieß angehen da, wo die Ackererde außerordentlich reich an denselben ist.

1) Tief wurzelnde Pflanzen lockern den Boden auf, eröffnen der Luft den Zutritt, wodurch die Verwitterung befördert und die Aschenbestandtheile zum Eintritt in eine neue Generation von Pflanzen vorbereitet werden.
2) Klee= und Wiesencultur ꝛc. verbessern durch den Reichthum der Wurzeln den Boden, indem sie die Bildung einer gehörigen Humusschicht vermitteln, was namentlich bei zähem, bündigem Boden oder solchem, der gern staubig wird, von Bedeutung ist. (Siehe oben.)
3) Der Anbau von Kalipflanzen bewirkt eine Zerlegung der kalihaltigen, kieselsauren Verbindungen; dadurch wird die Kieselsäure in der löslichen Form abgeschieden, so daß sie in die darauf folgenden Kieselpflanzen übergehen kann.

Aus dem Gesagten folgt von selbst, daß eine rationelle Wechselwirthschaft der Mittelpunkt eines gesicherten und erfolgreichen landwirthschaftlichen Betriebes ist, in dem Alles zusammen laufen soll. Dazu ist aber nothwendig:

1) Wenigstens annähernd die Kenntniß der Zusammensetzung des zu bebauenden Bodens.
2) Die Kenntniß der Aschenbestandtheile der Culturpflanzen.
3) Darauf gestützt die durch Wägung zu erlangende Kenntniß des Quantums von Mineralstoffen, die bei jeder Ernte dem Boden entzogen werden.
4) Die Kenntniß der Menge und Qualität der Stoffe, die durch die Düngung dem Boden wieder zurückerstattet werden, und
5) Endlich die Kenntniß und der Anbau der Pflanzen, die durch ihre Vegetation, sei es durch Lockerung des Bodens oder Bildung von Humus, die Ackererde verbessern.

So muß sich der jeweilige Stand eines Feldes jederzeit vom Landwirth überblicken lassen, indem er in einem Buche Einnahmen (Ernten) und Ausgaben (Düngmittel) einander gegenüber stellt und wenn es auch noch lange gehen mag bis dieser Gedanke allgemein Eingang gefunden hat, indem seine Aus=

führung nicht bloß chemische Kenntnisse, sondern auch Wägungen erfordert, so ist es doch Aufgabe der Agriculturchemie, auf dieses letzte und höchste Ziel aufmerksam zu machen.

## B. Bearbeitung des Bodens.

Die Beschreibung der für die Bearbeitung der Ackererde angewandten Instrumente der Pflüge, der Egge 2c. ist nicht Gegenstand der Ackerbauchemie, sondern hier werden bloß die Zwecke und Erfolge angegeben, die dadurch erreicht werden. Man kann sie wieder in mehrern Punkten zusammenfassen:

1) Durch die Bearbeitung mit Pflug, Haken, Egge und Walze u. s. w. wird die Ackerkrume aufgelockert, untere Schichten des Bodens an die Oberfläche gekehrt und zerkleinert. Hiedurch gewinnen Kohlensäure, Wasser und Sauerstoff Zutritt und sogleich beginnt auch die chemische Zersetzung der Bodenbestandtheile. Neue mineralische Nahrungsmittel entstehen dabei zur Aufnahme in's Pflanzenreich.

2) Der durch Pflügen, Hacken und Eggen aufgelockerte Boden gewinnt in viel größerem Maße die Fähigkeit, Kohlensäure, Wasser und Ammoniak zurückzuhalten. Dieses sind aber bekanntlich die Nährstoffe, aus denen der eigentlich organische Theil der Pflanze sich bildet.

3) Die bearbeitete Ackererde gestattet der Pflanze eine leichtere und tiefere Wurzelung als die unbearbeitete; indem die Wurzeln aber tiefer eindringen können, ist ihnen auch eine größere Menge von Nahrung zugänglich.

4) In gelockertem Erdreich verwesen Dünger und Humus wegen des größern Zutrittes von Luft rascher; der Dünger kommt also auch schneller und in der Regel auch vollständiger zur Wirkung.

Von diesen Gesichtspunkten über die Bedeutung der Bearbeitung des Bodens ausgehend, ergiebt sich ohne Zweifel, daß, wo immer der Untergrund es gestattet, das Tiefpflügen besser ist, als eine nur oberflächliche Lockerung der Erdschichte; insofern dadurch zunächst eine größere Menge mineralischer Nahrungsmittel aufgeschlossen werden. Das Tiefpflügen hat aber noch

weitere Vortheile. Trockener Boden faßt mehr Feuchtigkeit, während umgekehrt sehr nasses Land das Wasser leichter durchläßt, vorausgesetzt, daß der Untergrund die gehörige Beschaffenheit hat. Eine tief gelockerte Ackerkrume hält die im Boden sich erzeugenden und in der Luft befindlichen Nährstoffe besser zurück; durch tiefes Pflügen endlich wird auch mehr Unkraut ausgerottet als durch bloß oberflächliches. Die Breite der Furchen muß sich natürlich nach der Beschaffenheit des Bodens richten; bei bündigem, zähem Boden wird man schmale Furchen zu machen haben, während in von Natur aus lockerer Erde sie viel breiter gezogen werden können. Das Pflügen im Herbst hat den Vortheil, daß während des Winters das Gefrieren des in den Furchen enthaltenen Wassers sehr zu deren Auflockerung beiträgt.

## Die Brache.

Wenn eine Reihe von Jahren hindurch auf einem Grundstücke dieselbe Pflanze ohne Düngung cultivirt wird, so müssen die Ernten nach und nach immer spärlicher ausfallen, weil der Boden hauptsächlich an den für die betreffende Pflanze nöthigen Mineralbestandtheilen eine Erschöpfung erleidet. Läßt man jetzt das Feld ohne Anbau eine kürzere oder längere Zeit liegen, so erlangt es hiedurch wieder die Fähigkeit, entweder dieselbe Pflanzengattung oder andere in erhöhtem Maß hervorzubringen. Diese Zeit der Ruhe wird in der Landwirthschaft mit dem Namen „Brache" bezeichnet. Der Boden ruht während der Brache gleichsam; die Ruhe ist aber nur eine scheinbare; denn in kurzer Zeit bildet sich darauf ohne weiteres Zuthun eine Pflanzendecke. Indem die Pflanzen nicht weggenommen werden, gehen sie jedes Jahr unter und erzeugen so eine Humusschicht. Durch Verwesung und Fäulniß des Humus aber entstehen Wärme, Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, die ihrerseits wieder bei gleichzeitiger Mitwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes die Zersetzung der Mineralkörper bewirken. Brache ist somit die Zeit der Verwitterung und Humusbildung und hat eine um so längere Dauer, je mehr Widerstand der Boden dem zersetzenden Einfluß der Luft entgegen setzt. Natürlich kann durch zeitweilige Auflockerung des Bodens die Dauer der Brache abgekürzt werden.

Während derselben findet namentlich die Aufschließung der Silicate, d. h. die Bloßlegung der Alkalien und der Kieselsäure statt, so daß Cerealien hernach sehr gut gedeihen. Wo der Boden an und für sich eine lockere Beschaffenheit hat, ist auch die Brache weniger am Platz als da, wo derselbe viele grobe Theile einschließt. Die Brache ersetzt so bis zu einem gewissen Punkt die Bearbeitung und Düngung des Bodens, ist aber bloß da gebräuchlich, wo der Landwirth über großen Gütercomplex zu gebieten hat. An einigen Orten kömmt sie bei der Dreifelderwirthschaft so in Anwendung, daß man zwei Jahre nach einander auf demselben Grundstück Halmfrüchte pflanzt, das dritte Jahr aber, wohl auch unter Zusatz von etwas Dünger, dasselbe brach liegen läßt. Die eigentliche Brache kann theilweise ersetzt werden durch tiefes Pflügen im Herbst. Der aufgelockerte Boden erleidet dann während des Winters eine tiefer gehende Verwitterung als unter gewöhnlichen Umständen und die Bodenbestandtheile werden in größerer Menge aufgeschlossen.

## C. Die Düngmittel.

Die Kenntniß des Werthes der verschiedenen Düngmittel, die allseitige Benützung und rationelle Behandlung derselben ist einer der wichtigsten Punkte in der Landwirthschaft. Die Düngung ist nothwendig, um den Boden, dem durch jede Ernte eine Reihe von Bestandtheilen entzogen werden, auf derselben Stufe der Ertragsfähigkeit zu erhalten: der Boden muß so viel als möglich wieder zurück erhalten, was ihm durch die Cultur der Pflanzen im Laufe der Zeit entnommen wird. Von Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und erdigen Stoffen können Menschen und Thiere nicht leben, wohl aber die Pflanze, sobald sich aus dem Samen Würzelchen und Keimblättchen gebildet haben. Aus der Pflanze aber ernährt sich das Thier und so stellt die Pflanze auf der Erde das nothwendige Vermittlungsglied zwischen Thier- und Mineralreich dar. Die Nahrungsstoffe derselben werden im Thierkörper durch die Verdauung zunächst zu Blut verarbeitet, welches dann in Muskeln, Nerven, Fett, Knochen u. s. w. übergeht. Das Leben des Thieres besteht nun aber vom rein physischen Standpunkt aufgefaßt darin, daß neben diesem Aufbau

der Gebilde aus der Nahrung eine beständige Zersetzung derselben statt findet, wobei der eingeathmete Sauerstoff (s. oben) eine so wichtige Rolle spielt. Was wir vor einiger Zeit als Pflanzennahrung eingenommen haben, was in Blut und Fleisch übergegangen war, erscheint bald darauf in Form von festen und flüssigen Excrementen oder als Kohlensäure beim Ausathmen wieder. Im Jugendalter ist die Aufnahme größer als die Ausgabe, welche durch die Zersetzung erfolgt; daher die Zunahme an Masse; später stellt sich das Gegentheil ein. Entsteht also das Fleisch durch Pflanzennahrung und sind Harn und feste Excremente die Produkte der Zersetzung desselben, so folgt daraus, daß die menschlichen und thierischen Ausleerungen wieder die geeignetsten Mittel zur Erzeugung neuer Pflanzen sein müssen, indem sich darin besonders alle Mineralstoffe und in der passenden Form befinden, die zum Wachsthum nöthig sind. In der That hat der Landwirth die großen Erfolge thierischer Ausscheidungen lange gekannt, bevor man nur den mindesten Begriff über die Vorgänge der Ernährung im Thierkörper hatte. Denken wir uns nun ein Landgut, welches eine gewisse Zahl von Menschen und Thieren ernährt, so wird dasselbe stets auf derselben Stufe der Ertragsfähigkeit bleiben, vorausgesetzt, daß sämmtliche Ausscheidungen auf das Land zurückgelangen und ebenso nach dem Tode die Verwesungsprodukte. In der Regel wird aber Korn, Fleisch, Milch 2c. ausgeführt und die Knochen der Menschen gehen nach dem Tode in die Gräber. So muß eine, wenn auch nur allmälige Verarmung, besonders an den für die Pflanze so wichtigen Bodenbestandtheilen, vor Allem an phosphorsaurem Kalk eintreten. Die Engländer haben darum auch schon längst angefangen, Knochen aus andern Ländern einzuführen, um den entstandenen Ausfall zu decken.

Werden die thierischen Ausscheidungen erhitzt und geglüht, so geht ein Theil — Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff — davon weg, während die Mineralstofie, die Asche zurückbleibt. Viele sind nun geneigt, der Asche im thierischen Düngmittel alle Wirkung zuzuschreiben, indem sie behaupten, wenn die Mineralstoffe alle und in genügender Menge vorhanden seien, die übrigen Elemente von der Pflanze beim Wachsen aus

der Luft in Gestalt von Kohlensäure, Ammoniak und Wasser aufgenommen würden; Andere schreiben dagegen dem Stickstoff entweder die gänzliche oder wenigstens größte Wirkung zu und schätzen den Werth der Düngmittel nach ihrem Gehalt an Stickstoff. Diese Ansichten sind zu schroff, als daß in diesen oder jenen die Wahrheit allein liegen könnte. Thatsache ist es allerdings, daß die Aufnahme der Mineralstoffe eine Hauptsache beim Wachsen der Pflanzen ist und daß ferner weitaus die größte Menge wenigstens des Kohlenstoffes nicht aus dem Dünger, sondern aus der Luft genommen wird und der Stickstoffgehalt nicht in dem Maß zunimmt, wie die Zufuhr im stickstoffhaltigen Düngstoff steigt, allein anderseits wird man auch anerkennen müssen, daß

1) die thierischen Düngmittel, namentlich der feste Dünger, wenn er noch mit Streue vermischt wird, den Boden auflockern, was bei der bloßen Asche nicht der Fall ist.
2) Daß Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, die bei der Verwesung der organischen Theile im Boden entstehen, abgesehen davon, daß sie auch theilweise als Nahrungsmittel dienen, zunächst den Uebergang der Mineralstoffe in die Pflanze vermitteln.
3) Daß die bei der Verwesung und Fäulniß der organischen Materie entstehende Wärme die Vegetation befördert und hernach die Asche gerade in einem solchem Zustande zurückgelassen wird, wie sie am passendsten für den Einritt in die Pflanze ist.

Die Düngmittel zerfallen nach ihrem Ursprung in:

a. Thierische oder animalische: Excremente der Thiere und Menschen. Abfälle aus dem Thierreich: Horn, Klauen. Haare. Blut. Fleisch hingegangener Thiere. Blut aus den Schlächtereien. Guano ꝛc.

b. Vegetabilische Düngmittel: Abfälle bei der Pflanzenproduktion und den Gewerben. Malzkeime. Oelkuchen. Gerberlohe.

c. Mineralische Düngmittel. Gyps. Kalk. Mergel. Kochsalz. Salpeter. Asche. Bauschutt. Schlamm. Straßenkehricht. Knochen u. s. w.

Hierin sind mitbegriffen die Mittel zur Verbesserung des Bodens und zur Aufschließung gewisser Bodenbestandtheile; zuletzt folgt noch eine Tabelle zur Werthbestimmung der Düngerarten.

---

# I. Animalische Düngmittel.

## Behandlung des Mistes und Anlegung von Düngstätten.

Ein Landwirth, der größere oder geringere Summen für den Ankauf fremder Düngmittel auswirft, dagegen die Hauptsache des eigenen Düngers verloren gehen läßt, handelt offenbar ganz gegen sein Interesse. Das ist aber noch sehr häufig der Fall, während als oberster Grundsatz gelten muß, nicht bloß den auf dem Gute selbst erzeugten Dünger vollständig zusammen zu halten, sondern ihn auch so aufzubewahren und aufs Land zu bringen, daß von demselben möglichst wenig verloren geht. Der Mist ist eines der bedeutendsten Capitale, welches der Landwirth zu verwerthen hat und mit Recht schätzt man den Standpunkt, auf welchem ein Bauer steht, nach der Art und Weise, wie er den Mist aufbewahrt und behandelt; es folgen deßhalb hier zunächst die Grundsätze einer rationellen Behandlung des Düngers:

1. Die Miststätte wird so nahe als möglich beim Stalle angebracht.

2. Sie wird auf der Schattenseite des Hauses, unter Bäumen, oder wenn dieß nicht geschehen kann, unter einem Dache angelegt; niemals aber so, daß die Dachstraufe auf den Mist fällt.

3. Die Mistgrube soll mit Holz oder Mauerwänden eingefaßt werden und etwas tief in die Erde reichen; ist der Boden durchlassend, so wird er durch zusammengetretenen Lehm, Lett oder selbst durch Pflasterung undurchlassend gemacht.

4. Man giebt der Miststätte einen verhältnißmäßig großen Quadratinhalt, so daß die Düngerlage nicht zu hoch wird; durchschnittlich für je ein Stück erwachsenes Rindvieh 24 — 36 □' Raum.

5. Alle vom Mist ablaufende Jauche soll ohne Verlust nach dem nahe liegenden Güllenbehälter geleitet werden können. Nichts zeugt so sehr von Unverstand und Nachlässigkeit eines Bauers, als wenn der Mist von einem braunschwarzen See von Jauche umgeben ist; abgesehen davon, daß die umgebende Luft dadurch verpestet wird und jeder Vorübergehende sich unwillkürlich abwenden muß.

6. Viele rationelle Landwirthe bringen in der Mitte des Bodens der Miststätte eine muldenförmige Vertiefung an, so daß alle vom Dünger abfließende Jauche dort zusammensickert. Durch eine daselbst angebrachte Pumpe wird dann die Gülle entweder wieder auf den Mist gepumpt, um ihn gehörig feucht zu halten oder nach dem Güllenbehälter befördert. Eine solche Einrichtung macht die Holz- oder Mauerwände überflüssig; kann indessen auch so abgeändert werden, daß man dem Boden der Mistgrube nach einer Seite hin eine abschüssige Lage giebt, wo sich die Jauche in einem Kanale sammelt, der nach dem Güllenbehälter geht.

7. Wie bei uns schon längst gebräuchlich, macht man beim Ausbringen des Düngers auf die Miststätte mit langem Strohmist Wülste, legt diese an den Rändern des Misthaufens so auf einander, daß derselbe, von den Seiten angesehen, die Gestalt eines Geflechtes erhält. Durch dieses Verfahren wird die Einfassung mit Mauer- oder Holzwänden ebenfalls theilweise unnöthig gemacht, indem dadurch das seitliche Ausfließen der Düngjauche größtentheils aufgehoben und der Mist im Innern feucht erhalten wird.

8. Nach dem Ausbringen des Düngers auf die Miststätte wird derselbe ausgebreitet und so viel als möglich festgetreten; damit im Innern sich keine Hohlräume bilden können, was Schimmelbildung zur Folge hat.

9. Ueber jede Lage Dünger wird Gyps gestreut oder in Ermanglung desselben eine Schicht Lehm oder Letten gelegt; in die Güllenlöcher und Abtritte dagegen schüttet man von Zeit zu Zeit, — namentlich wenn Ammoniakgeruch sich zu entwickeln beginnt — Eisenvitriollösung, Schwefel- oder Salzsäure, und rührt tüchtig um, damit sich die genannten Stoffe überall in

der Flüssigkeit verbreiten. Für je 100 ℔ Dünger genügen 2 bis $2\frac{1}{2}$ ℔ Gyps; besser ist es, nur schwach als stark gebrannten zu nehmen.

10. Der Dünger soll, wenn immer thunlich, nicht zu lange auf der Miststätte liegen gelassen werden, indem er hiebei sowohl dem Volumen als dem Gewichte nach bedeutend schwindet. In dieser Beziehung angestellte Versuche haben ergeben, daß

100 Cubikfuß Mist nach

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 81 | Tagen | waren | = 73,3 |
| nach | 254 | " | " | = 64,3 |
| " | 384 | " | " | = 62,5 |
| " | 393 | " | " | = 47,2 Cubikfuß. |

Wohl anzunehmen ist, daß bei der gewöhnlichen Behandlung und der Zeit, während welcher der Mist in der Regel auf den Düngstätten liegen bleibt, allerwenigstens ein Viertel verloren geht; dem Schwinden wird aber außerordentlich durch die in unter 9. angegebenen Mittel vorgebeugt. Beim langen Liegen schreitet die Fäulniß immer weiter vor und der Mist wird zuletzt speckig, eine Form, die vielen Landwirthen sehr wohl gefällt. In der That wirkt solcher speckiger Dünger wegen der weit vorgeschrittenen Fäulniß rascher und kräftiger als der noch strohige; indessen ist diese Wirkung auch nur auf das erste Jahr beschränkt und hört hernach auf.

11. Aus dem Vorhergehenden ergibt sich von selbst, daß wenn der Mist ausgeführt worden ist, man ihn auf dem Felde nicht lange liegen lassen soll, wo er der Sonne und den Winden ausgesetzt ist; ebenso irrationell ist es, den Mist noch auf dem Lande auszubreiten und liegen zu lassen, statt ihn sogleich unterzupflügen.

Alle gegebenen Vorschriften haben denselben Zweck, vom Mist möglichst wenig verloren gehen zu lassen. — Wo die Miststätte an der Sonne liegt oder wo der Regen oder die Dachstraufe darauf fallen können, da wird durch die Sonnenwärme die Gährung beschleunigt und die Gährungsprodukte: Ammoniak und Kohlensäure ausgetrieben; während das Wasser den Dünger auslaugt und das Beste wegschlemmt. Die Gährung und Fäulniß des Düngers kann und soll nicht verhindert werden; nur

hat man dafür zu sorgen, daß die genannten Vorgänge innerhalb gewissen Grenzen bleiben und von den Produkten der Gährung und Fäulniß möglichst wenig fortgeht. Der wichtigste Verlust, dem der Landwirth vor Allem entgegentreten muß, ist der des Ammoniaks; deßhalb ist die Anwendung des Gypses, Eisenvitriols und der Säuren nicht genug zu empfehlen. Gyps und das in hohem Grade flüchtige kohlensaure Ammoniak setzen sich dabei so um, daß schwefelsaures Ammoniak und kohlensaure Kalkerde entstehen. Durch Zusatz von Eisenvitriol, Schwefel- oder Salzsäure zur Gülle entsteht ebenfalls schwefelsaures Ammoniak oder Salmiak; diese Salze aber sind bei gewöhnlicher Temperatur nicht flüchtig und so bleibt dem Dünger das Ammoniak und mit ihm der Stickstoff erhalten. Die geringsten Mengen entweichenden Ammoniaks, die trotz seines intensiven Geruches kaum durch den Geruch wahrzunehmen sind, werden durch einen mit Salzsäure befeuchteten Stab erkannt, den man über den Mist, die Gülle oder das Abtrittloch hält: entweicht Ammoniak, so entstehen um den Stab dicke weiße Nebel von Salmiak.

Ist die Mistlage zu hoch, so wird die bei der Fäulniß auftretende Wärme zusammengehalten und dadurch das Ammoniak ausgetrieben.

Die Qualität und Quantität des Mistes, die erzeugt wird, ist, wie leicht begreiflich, von mehrern Umständen abhängig, besonders aber von der Güte und Menge des gereichten Futters, der Natur des Viehes, der Qualität und Menge der Einstreu. Ueber die Beziehung zwischen Futter und Düngerertrag hat Schwerz nachfolgende Tabelle aufgestellt:

### Ertrag einer Hectare.

| | Gewicht. | | Gewicht des Düngers von 75 % Feuchtigkeit. Fuder zu 1800 ℔. | |
|---|---|---|---|---|
| | frisch | trocken | | |
| | ℔ | ℔ | ℔ | Fuder. |
| Kohlrüben . . . | 70000 | 15400 | 26830 | 14,86 |
| Kartoffeln . . . | 54000 | 15120 | 26460 | 14,70 |
| Luzerne . . . . | 52400 | 11008 | 18194 | 10,10 |
| Rüben . . . . | 100000 | 10000 | 17500 | 9,72 |
| Klee . . . . . | 47600 | 9996 | 16540 | 9,19 |
| Möhren . . . . | 70000 | 9100 | 15924 | 8,84 |
| Mais . . . . . | — | 9000 | 15750 | 8,75 |
| Runkeln . . . . | 72000 | 8640 | 15120 | 8,40 |
| Roggen . . . . | — | 7000 | 14000 | 7,77 |
| Weizen . . . . | — | 6600 | 13200 | 7,33 |
| Hafer . . . . . | — | 6000 | 11500 | 5,80 |
| Wiesengras . . . | 26600 | 5586 | 97776 | 5,43 |
| Bohnen . . . . . | — | 5000 | 9250 | 5,14 |
| Erbsen . . . . | — | 5000 | 9350 | 5,14 |
| Gerste . . . . . | — | 4400 | 7700 | 4,27 |

Mathieu de Dombasle fütterte Mast- und Zugochsen und Milchkühe, in der Absicht die Relation zwischen Dünger und Futter zu ermitteln und erhielt folgende Resultate:

Mastochsen, die jährlich 14,600 ℔ Futter (Heuwerth) erhielten, erzeugten 50,700 ℔ oder 39 Fuder Mist.

Milchkühe mit jährlich 7,300 ℔ Futter (Heuwerth) genährt, erzeugten 39000 ℔ Mist = 30 Fuder.

Zugochsen erzeugten, mit jährlich ungefähr ebenso viel Futter unterhalten, 15,600 ℔ Dünger = 12 Fuder.

Daraus ergiebt sich, daß aus einer Futtermenge von 100 ℔ (auf Heuwerth berechnet)

Mastochsen 345, Milchkühe 532 und Zugochsen 200 ℔ Dünger produciren.

In Betreff des Futterwerthes hat Block durch zahlreiche Versuche dargethan, daß

| | | |
|---|---|---|
| 300 | ℔ | Wiesenheu, Klee gleichwerthig sind mit: |
| 600 | „ | Weizen, Roggen- oder Haferstroh. |
| 508 | „ | Gerstenstroh. |
| 550 | „ | Samenkleestroh oder Spreu. |
| 325 | „ | Klee- oder Wiesen-Grummet. |
| 118 | „ | Hafer. |
| 100 | „ | Gersten oder Roggen. |
| 80 | „ | Weizen. |

Obige Zahlen, welche die gereichte Futtermenge in Pfunden ausdrücken, sind also so zu verstehen, daß statt Heu auch andere Nahrung gegeben, dieselbe aber auf den Heuwerth berechnet worden ist; die große Düngermenge rührt offenbar von der reichlich zugesetzten Einstreu her, da sie aber bei allen Versuchen in gleicher Menge angewendet wurde, so sind die Versuche dennoch maßgebend.

---

## Animalische Düngmittel.

### 1. Excremente der Menschen.

Sie zerfallen in flüssige und feste. Nach der Analyse von Berzelius besteht der Harn des Menschen in 1000 Theilen aus:

| | |
|---|---|
| Harnstoff | 30,10 |
| Freier Milchsäure<br>Milchsaurem Ammoniak<br>Fleischextract<br>Extractivstoffen | 17,14 |
| Harnsäure | 1,00 |
| Harnblasenschleim | 0,32 |
| Schwefelsaurem Kali | 3,71 |
| Schwefelsaurem Natron | 3,16 |
| Phosphorsaurem Natron | 2,94 |
| Zweifach phosphorsaurem Ammoniak | 1,65 |

| | |
|---|---|
| Kochsalz | 4,45 |
| Salmiak | 1,50 |
| Phosphorsaurer Kalk- und Bittererde | 1,00 |
| Kieselsäure | 0,03 |
| Wasser | 933,00 |
| | 1000,00 |

In 1000 Theilen der festen Excremente fand derselbe Chemiker:

| | |
|---|---|
| Wasser = | 733 |
| Thierische und Pflanzenüberreste | 70 |
| Galle, Eiweiß nebst Extractivstoff | 45 |
| Salze, lösliche, vorzüglich phosphorsaure | 12 |
| Schleim und Fett ꝛc. | 140 |
| | 1000 |

Sie hinterließen beim Glühen 150 Theile Asche, worin sich fanden:

Nach Berzelius:

| | |
|---|---|
| Phosphorsaurer Kalk<br>Phosphorsaure Bittererde und<br>Spuren von Gyps | 100 |
| Schwefelsaures Natron<br>Schwefelsaures Kali<br>Phosphorsaures Natron | 8 |
| Kohlensaures Natron | 8 |
| Kieselsäure | 16 |
| Kohle und Verlust | 18 |
| | 150 |

Nach Enderlin, die Asche auch zu 15 % angenommen.

| | |
|---|---|
| Kochsalz und schwefelsaures Alkali = | 2,05 |
| Zweifach basisch phosphorsaures Natron | 3,95 |
| Phosphorsauren Kalk und Talkerde = | 120,00 |
| Phosphorsaures Eisenoxyd = | 3,13 |
| Schwefelsauren Kalk = | 6,80 |
| Kieselerde = | 12,00 |
| | 147,93 |

Die Abweichungen in den Analysen haben theils in der Natur der Sache ihren Grund, da je nach der Nahrung und andern Umständen die Excremente auch anders zusammengesetzt sein müssen, theils darin, daß bei Berzelius die Einäscherung nicht vollkommen war.

Fleitmann, der längere Zeit hindurch die Excremente eines jungen Mannes untersuchte, dabei aber bloß auf die Aschenbestandtheile Rücksicht nahm, berechnete, daß von ihm per Tag ausgeschieden wurden im Mittel:

| | Im Harn. | In den festen Excrementen. |
|---|---|---|
| Chlornatrium | 8,924 | 0,017 |
| Chlorkalium | 0,751 | — |
| Kali | 2,482 | 0,546 |
| Natron | — | 0,019 |
| Kalk | 0,225 | 0,557 |
| Magnesia | 0,242 | 0,278 |
| Eisenoxyd | 0,005 | 0,054 |
| Phosphorsäure | 1,760 | 0,807 |
| Schwefelsäure | 0,386 | 0,029 |
| Kieselsäure | 0,069 | 0,038 |
| | 14,844 Gramm. | 2,345 Gramm. |

In der Harnsäure, dem Harnstoff und den Ammoniaksalzen rc. ist der so wichtige und geschätzte Stickstoff enthalten. Barral bestimmte, abgesehen von der Form des Vorkommens, während fünf Tagen die Menge des von einem Manne im Urin und den festen Excrementen entleerten Stickstoffes und fand, daß im Durchschnitt per Tag von ihm ausgegeben wurden 10,9 Gramm im Urin und 2,8 Gramm im Koth. Auf diese beiden Data gestützt, läßt sich leicht die Menge der einzelnen Aschenbestandtheile und des Stickstoffes berechnen, die ein Mann während der Dauer eines Jahres in den Excrementen ausgiebt. Man findet:

| | Im Harn. | In den festen Excrementen. |
|---|---|---|
| Kochsalz | 6,514 ℔ | 0,017 ℔ |
| Chlorkalium | 0,548 | — |
| Kali | 1,812 | 0,399 |
| Natron | — | 0,014 |
| Kalk | 0,165 | 0,407 |
| Magnesia | 0,177 | 0,203 |
| Eisenoxyd | 0,004 | 0,039 |
| Phosphorsäure | 1,285 | 0,589 |
| Schwefelsäure | 0,282 | 0,021 |
| Kieselsäure | 0,050 | 0,028 |
| | 10,837 | 1,716 |

Stickstoff im Harn 7,957 ℔; in den festen Excrememten 2,044 ℔.

Obgleich obige Zahlen Mittelwerthe darstellen, so ist deßhalb nicht gesagt, daß alle Excremente diese Zusammensetzung haben; denn es ist dabei nicht bemerkt, welche Nahrung genossen wurde. Die Excremente aber, Harn und Koth, sind theils die unverbrennlichen Theile, theils die Verbrennungsprodukte der eingenommenen Nahrung und nach der Qualität und Quantität der Letztern muß sich daher auch die Beschaffenheit der Erstern umgestalten. Abgesehen davon, zeigt aber die Analyse aufs Deutlichste, wie die Excremente alle die anorganischen Bestandtheile nebst Stickstoff wieder aufweisen, die in der verzehrten Nahrung eingenommen werden.

Harnstoff, Harnsäure und die Ammoniaksalze schließen in flüssigen Ausscheidungen des Menschen den Stickstoff ein; der Harnstoff besonders erleidet aber durch die Einwirkung der Luft und des Blasenschleimes eine rasche Zersetzung in Ammoniak und Kohlensäure, die flüchtig sind und daher mit aller Sorgfalt durch die oben angegebenen Mittel fixirt werden müssen.

## 2. Excremente der Grasfresser.

Die Analyse des Harns vom Ochsen ergab in 1000 Theilen nach v. Bibra:

| | | |
|---|---|---|
| Wasser | = | 912,010 |
| Extractivstoffe | = | 36,690 |
| Harnstoff | = | 19,760 |
| Schleim | = | 0,070 |
| Hippursäure | = | 5,550 |
| Kohlensauren Kalk | = | 0,277 |
| Kohlensaure Bittererde | = | 1,796 |
| Kohlensaures Kali | = | 20,030 |
| Schwefelsaures Kali | = | 3,447 |
| Kochsalz | = | 0,067 |
| Kieselerde | = | 0,090 |
| Verlust | = | 0,213 |
| | | 1000,000 |

Der Harn der Kuh hat nach Rogger, was die verbrennlichen und flüchtigen Bestandtheile, — Wasser, Harnstoff, Hippursäure betrifft, eine fast gleiche Zusammensetzung, variirt aber in Bezug auf die Bestandtheile der Asche, wie sich weiter unten zeigen wird. Er enthält:

| | | |
|---|---|---|
| Wasser | = | 912 |
| Hippursäure | = | 6 |
| Harnstoff | = | 20 |
| Salze und Extractivstoffe | = | 62 |
| | | 1000 |

1000 Theile Pferdeharn sind nach von Bibra zusammengesetzt, wie folgt:

| | | |
|---|---|---|
| Wasser | = | 885,090 |
| Extractivstoffe | = | 46,820 |
| Harnstoff | = | 12,440 |
| Hippursäure | = | 12,600 |
| Schleim | = | 0,050 |
| Kohlensaurer Kalk | = | 5,275 |
| Kohlensaure Bittererde | = | 4,004 |
| Kohlensaures Kali | = | 19,449 |
| Kohlensaures Natron | = | 4,359 |
| Schwefelsaures Kali | = | 5,502 |
| Kochsalz | = | 2,928 |
| Kieselerde | = | 0,232 |
| Verlust | = | 1,251 |
| | | 1000,000 |

Nach Boussingault's Angabe sind ferner in 1000 Theilen Stickstoff und Ammoniak enthalten:

| Im Harn der Kuh. | | Im Harn des Pferdes. | | Im Harn eines Mannes v. 46 Jahr. | |
|---|---|---|---|---|---|
| Stickstoff. | Ammoniak. | Stickstoff. | Ammoniak. | Stickstoff. | Ammoniak. |
| 13,3—18,1 | 0,6—01 | 12,0—18 | 0,0—0,4 | 12,2—18 | 0,7—1,4 |

Die angeführten Analysen umfassen auch die organischen stickstoffhaltigen Materien der Excremente; sieht man davon ab, d. h. berücksichtigt man bloß den Glührückstand der Excremente, so erhält man in 100 Theilen der Asche des Harnes nach theils andern und neuern Untersuchungen

| | der Kuh, | des Pferdes, | des Ochsen, | der Ziege, | des Schafes. |
|---|---|---|---|---|---|
| Kohlens. Kalk | — | 12,50 | 1,07 | Spur | 0,82 |
| „ Talkerde | — | 9,46 | 6,93 | 7,3 | 0,46 |
| „ Kali | 12,10 | 46,09 | 77,28 | Spur | — |
| „ Natron | — | 10,33 | — | 53,0 | 42,45 |
| Schwefels. Kali | — | — | 13,30 | — | 2,98 |
| „ Natron | 7,00 | 13,04 | — | 25,0 | 7,72 |
| Phosphors. Natron | 19,00 | — | — | — | — |
| „ Kalk | 8,80 | — | — | — | — |
| „ Talkerde | — | — | — | — | 0,70 |
| Chlornatrium | 53,10 | 6,94 | 0,30 | 14,7 | 32,01 |
| Kieselsäure | — | 0,55 | 0,35 | — | — |
| Chlorkalium | Spur | — | — | — | — |
| | 100,00 | 98,91 | 99,23 | 100,0 | 87,14 |

In 100 Theilen der Asche der festen Ausscheidungen sind enthalten nach den Analysen von Royers:

| | Pferd. | Kuh. | Schaf. | Schwein. |
|---|---|---|---|---|
| Kali | 2,91 | 11,30 | 8,32 | 3,60 |
| Natron | 0,98 | 1,98 | 3,28 | 3,44 |
| Kalk | 5,71 | 4,63 | 18,15 | 2,03 |
| Talkerde | 11,47 | 3,84 | 5,45 | 2,24 |
| Manganoxydul | — | 2,13 | Spur | — |
| Chlornatrium | 0,23 | 0,03 | 0,14 | 0,89 |

| | Kuh. | Pferd. | Schaf. | Schwein. |
|---|---|---|---|---|
| Phosphors. Eisenoxyd | 8,93 | 2,73 | 3,98 | 10,55 |
| Phosphorsäure | 4,76 | 8,93 | 7,52 | 0,41 |
| Schwefelsäure | 1,77 | 1,83 | 2,69 | 0,90 |
| Kohlensäure | — | — | Spur | 0,60 |
| Chlor | — | — | — | — |
| Kieselerde | 62,54 | 62,40 | 50,11 | 13,19 |
| Sand | — | — | — | 61,37 |
| | 99,30 | 99,80 | 99,64 | 99,22 |
| Wassergehalt der frischen Excremente: | 82,45 | 77,25 | 56,47 | 77,13 % |
| Asche der trockenen Excremente: | 15,23 | 13,36 | 13,49 | 37,17. |

Nach Black gab eine Milchkuh von 800 ℔ Körpergewicht, die täglich mit 80 ℔ Klee, 5 ℔ Heu und Stroh, 20 ℔ lauwarmer Suppe und 25 ℔ Wasser genährt wurde, 65 ℔ festen und 30 ℔ flüssigen Dünger. Dieses macht, auf 1 Jahr berechnet, in runden Zahlen 20000 ℔ feste Excremente und 10000 ℔ Harn.

Ebenso lieferte ein Pferd jährlich an:

| | | | |
|---|---|---|---|
| | festen Excrementen | 12000 | ℔ |
| | an Harn | 3000 | " |
| Ein Schaf: | feste Excremente | 760 | " |
| | an Urin | 380 | " |
| Ein Schwein: | Koth | 1800 | " |
| | Harn | 1200 | " |

Auf die oben angeführte Analyse des Pferdeharnes gestützt, ist es leicht, die Menge der einzelnen Bestandtheile zu bestimmen, die der Landwirth allein durch den Harn dieses Hausthieres während einem Jahre erhält. Multiplizirt man nämlich die dort enthaltenen Zahlen mit 3, so drücken die erhaltenen Produkte die Quantität der Bestandtheile in Pfunden aus. Ein Pferd liefert darnach im Harne per Jahr unter Andern:

| | |
|---|---|
| Kohlensaures Kali | 58,347 ℔ |
| Kohlensaures Natron | 13,077 ℔ |
| Schwefelsaures Kali | 16,506 ℔ |
| Kochsalz | 8,784 ℔ 2c. |

In der organischen Materie mindestens 36 ℔ Stickstoff.

## 3. Excremente der Vögel.

Die Vögel leeren die festen und flüssigen Excremente zusammen aus oder mit einander vermischt, und der Koth derselben hat große düngende Kraft. In einigen Gegenden Frankreichs wird der Taubenmist sehr sorgfältig gesammelt und auf großen Landgütern werden sogar zur Gewinnung des Mistes eigene Taubenhäuser angelegt und der Mist, den jährlich 600 bis 650 Tauben produciren, auf 100 Fr. gewerthet.

1000 Theile enthielten:

| | Alter Taubenmist. (Stöckhardt.) I. | II. | Frischer Hühner- und Taubenmist. (Girardin.) I. | II. |
|---|---|---|---|---|
| Wasser | 213 | 66,5 | 729 | 790 |
| Verbrennliche Substanz | 508 | 596,8 | 162 | 181 |
| Asche | 279 | 336,7 | 109 | 29 |
| | 1000 | 1000,0 | 1000 | 1000 |

Alter Taubenmist enthielt ferner:

| | I. | II. |
|---|---|---|
| An Stickstoff | 29,8 | 45 |
| Phosphorsaurem Kalk | 72 | 79 |
| Alkalisalze | 64 | 4 |
| Sand | — | 214 |

Gemäß den Erfahrungen nehmen die Vogelexcremente sehr rasch an Gewicht ab und man sollte sie deßhalb so bald als thunlich verwenden; ist das nicht möglich, so vermischt man zweckmäßig Tauben- oder Hühnermist mit anderem Dünger unter Anwendung der gewöhnlichen Conservationsmittel.

Aus allen angeführten Analysen erhellt:

1) Die festen und flüssigen Excremente unserer Hausthiere enthalten die anorganischen Bestandtheile der gereichten Nahrung vollständig und die organischen wenigstens theilweise wieder, aber im veränderten Zustand. Durch die Versuche von Boussingault wird der erste Theil des Satzes vollständig bestätigt. Nach ihm verzehrt an

Aschenbestandtheilen ein Pferd:

| | | |
|---|---|---|
| 15 ℔ Heu, geben | 18,61 | |
| 4,54 ℔ Hafer, geben | 2,46 | 21,49 Unzen Asche. |
| Im Getränke | 0,42 | |

In den Excrementen erhält man wieder:

| | | |
|---|---|---|
| Im Harn | 3,51 | 21,82 Unzen Asche. |
| Im Koth | 18,31 | |

Eine Kuh wurde gefüttert mit:

| | | |
|---|---|---|
| 30 ℔ Kartoffeln | = 6,57 | |
| 16,2 ℔ Heu | = 20,20 | 28,47 Unzen Asche. |
| Im Getränk | = 1,6 | |

Gab in den Excrementen:

| | | |
|---|---|---|
| Im Harn | 12,29 | |
| Im Koth | 16,36 | 30,45 Unzen Asche. |
| In der Milch | 1,80 | |

Resultate, die nicht besser mit einander stimmen könnten.

2) Der Harn enthält die löslichen; die festen Excremente dagegen die unlöslichen Mineralbestandtheile des dem Vieh gereichten Futters.

3) Die thierischen Ausscheidungen sind nicht bloß eine Quelle des Stickstoffes für eine neue Generation von Pflanzen, sondern sie bergen auch die gleich wichtigen Bestandtheile der Asche in sich und zwar nach Quantität und Qualität gerade in einem solchen Verhältniß, wie sie zum Leben einer gleichen Pflanze nöthig sind, wie die war, welche vom Thier verzehrt wurde, d. h. ein Mensch, der Brod genießt, wird im Harn und dem Koth gerade wieder die Stoffe liefern, die zur Erzeugung von neuen Getreidekörnern nöthig sind, gleichwie ein z. B. von Rüben sich nährendes Thier einen Dünger geben wird, welcher wiederum für die Düngung der Rüben am passendsten ist.

## 4. Guano.

Unter Guano versteht man die mehr oder weniger veränderten Excremente von Seevögeln, wie sie auf einigen Südsee-Inseln, in Peru, Afrika ꝛc. in Ablagerungen von 50—60 Fuß Höhe gefunden und ausgebeutet werden. In Peru war derselbe schon seit Jahrhunderten zur Düngung sandiger, unfruchtbarer

Küsten in Anwendung, als im Jahre 1840 zuerst 20 Fässer in Liverpool eingeführt wurden. Als man sich von dessen günstiger Wirkung überzeugte, steigerte sich die Einfuhr rasch und betrug im Jahre 1846 bereits über 200 Millionen Pfund.

Indem die Seevögel von Fischen leben, ist der Guano besonders reich an phosphorsauren Verbindungen, hat aber nach dem Alter, dem Grade der Fäulniß und je nachdem er mehr oder weniger erdige Stoffe einschließt, nicht überall dieselbe, sondern häufig eine sehr verschiedene Zusammensetzung, ohne daß er von den Händlern absichtlich verfälscht worden ist.

Die vollständigsten Analysen des Guano haben Bartels und Völkel geliefert:

| | Guano eine Sorte von Liverpool bezogen. (Bartels.) | Guano von Lima. (Völkel.) |
|---|---|---|
| Salmiak | 6,500 | 4,2 |
| Oxalsaures Ammoniak | 13,351 | 10,6 |
| Harnsaures Ammoniak | 3,244 | 9,0 |
| Phosphorsaures Ammoniak | 6,250 | 6,0 |
| Wachsähnliche Materie | 0,600 | — |
| Schwefelsauers Kali | 4,227 | 5,5 |
| Schwefelsaures Natron | 1,119 | 3,8 |
| Phosphorsaures Natron | 5,291 | — |
| Phosphorsaure Ammoniak-Kalkerde | 4,196 | 2,6 |
| Kochsalz | 0,100 | — |
| Phosphorsaurer Kalk | 9,940 | 14,3 |
| Oxalsaurer Kalk | 16,360 | 7,0 |
| Thonerde | 0,140 | — |
| In Salpetersäure unlöslicher Rückstand | 5,800 | 4,7 |
| Verlust (Wasser, Ammoniak, org. Materie) | 22,718 | 32,3 |
| | 100,000 | 100,0 |

Solche detailirte Analysen haben übrigens für den Landwirth weniger Werth; er will vor Allem wissen, wie groß die Quan-

tität der im Guano wirksamen Bestandtheile, also die Menge des Stickstoffs, der Alkalien und der Phosphorsäure überhaupt ist und ob derselbe nicht absichtlich durch Zusatz von Wasser, Sand 2c. verfälscht sei. — In diesem Sinne sind die folgenden Analysen von Stöckhardt und Anderson ausgeführt:

| | Wasser. | Verbrennliche Substanz. | Stickstoff. | Kalisalze | Natronsalze. | Phosphorsaurer Kalk. | Gyps. | Sand. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Guano von Peru 1. | 8—10 | 59,65 | 12,7—13,5 | 3—4 | 0—1 | 22—25 | — | 1—2% |
| — Chili 2. | 20 | 11 | 0,75 | — | 13 | 51 | 2 | 3 |
| — Mexico 3. | 17—20 | 7—7,6 | 0,35—070 | 2,4—5,1 | — | 31—58 | 14,1—35 | — |
| — Afrika 4. | 15 | 13 | 0,90 | — | 13 | 53 | — | 6· |
| — Peru *) | 13 | 42 | 10,2 | 5,5 | | 35 | — | 4,5 |

*) Ist durch Herrn Em. Geßler von Basel bezogen und von mir analysirt worden.

Guter Guano soll im Mittel enthalten:

| | | |
|---|---|---|
| Feuchtigkeit | bloß | 8—15 % |
| Phosphorsauren Kalk | | 18—25 |
| Alkalien | | 5—10 |
| Stickstoff | | 10—14 |

Wie man auf den ersten Blick sieht, stimmen die Resultate der Analysen von den verschiedenen Bezugsquellen nichts weniger als überein und von ein und demselben Orte her bezogen, kann der Guano in seiner Zusammensetzung variren; es ist daher für die Sicherheit des Landwirthes hier besonders nothwendig, die Analyse von Zeit zu Zeit wieder vorzunehmen.

Damit der Guano löslich gemacht wird und in die Pflanze eingehen kann, ist Wasser uothwendig; bei Mangel an Wasser, z. B. in trockenen Jahrgängen, ist daher nur eine geringe oder gar keine Wirkung desselben bemerkbar. Malaguti fand, daß 2 ℔ Guano mit 8 ℔ Wasser von 15--17 ° übergossen, nach 24 Stunden an das Letztere eine Quantität Phosphorsäure abgegeben hatten, welche 15 Grammen phosphorsaurem Kalk entsprach. Nach 10 Tagen entsprach die Menge 21 und nach 25 Tagen 76 Grammen. Beim Uebergang des phosphorsauren Kalkes aus dem unlöslichen in den löslichen Zustand ist besonders noch die Mitwirkung der Alkalisalze bemerkenswerth. Bei Gegenwart von Wasser zersetzen sich nämlich die Letztern mit dem phosphorsauren Kalke so, daß die Phosphorsäure an die Alkalien geht und dadurch löslich wird, woraus denn auch folgt, daß durch Vermischen von Guano mit Alkalisalzen, z. B. mit Düngsalz, die Löslichkeit des in ihm enthaltenen Kalkphosphates befördert wird. Guano, gänzlich von löslichen Alkalisalzen und organischen Materien befreit, zeigt sich unempfänglich für die Einwirkung des reinen Wassers.

Im Betreff der Form und Zeit, wie der Guano auf's Land zu bringen ist, können folgende Regeln als Richtschnur dienen:

1) Man bringt ihn nicht bei trockener, sondern bei feuchter Witterung heraus.
2) Er wird zweckdienlich mit der 2—4fachen Menge Asche Düngsalz oder Erde vermischt und auf den Aeckern durch Eineggen mit der Ackerkrume vermengt.

3) Im Herbst und Frühling wird je die Hälfte zum Getreide gebracht.

4) Nach April Guano auf Graswuchs auszustreuen ist wegen den ätzenden Bestandtheilen desselben unstatthaft.

Er dient besonders:

1) Um armes Neuland schnell fruchtbar zu machen.

2) Um herabgekommene Felder wieder in fruchtbaren Zustand überzuführen.

3) Um schon gute Erde auf das Maximum ihrer Ertragsfähigkeit zu bringen.

4) Wegen seinem bedeutenden Gehalte an phosphorsaurem Kalk und Stickstoff zur reichen Produktion der Körner der Getreidearten.

Guano ist ein sehr kräftiges, concentrirtes Düngmittel, daher die Vermischung desselben mit Erde oder Gülle den Zweck hat, eine allzu starke und deßhalb schädliche Einwirkung desselben zu verhindern; Zusatz von Asche ist dann besonders am Platz, wenn ein Guano gar keine oder nur Spuren von Alkalien enthält. Mit Vortheil wird der Guano auch bei der Gartencultur und als Düngmittel für Topfpflanzen verwendet; hier ist es aber durchaus nothwendig, ihn nur im verdünnten Zustande, d. h. mit Wasser oder Jauche vermischt zuzusetzen.

Der für den Landwirth anziehende Name Guano hat Veranlassung gegeben, daß in neuerer Zeit vielen künstlich bereiteten Düngmitteln dieselbe Benennung beigelegt worden ist. So kommen im Handel vor: Ein Fisch- oder Granat-Guano, Häringsguano, europäischer Guano rc. Einige Fischdüngersorten haben in der That keine unvortheilhafte Zusammensetzung, indem darin 11—13 % Stickstoff, 6—14 % phosphorsaure Salze und 5—6 % Alkalisalze sich fanden; wie vorsichtig man aber beim Ankauf solcher künstlichen, mit verführerischen Namen bezeichneten und pomphaft angepriesenen Düngstoffen sein muß, zeigt eine von mir ausgeführte Analyse des europäischen Guano der Herren Lemarchand und Comp. in Paris. Dieser Guano bestand in 100 Theilen aus:

| | | |
|---|---|---|
| Feuchtigkeit | = | 25,5 % |
| Sand | | 23,2 |
| Phosphorsaurem Kalk mit Eisenoxyd | | 8,4 |
| Kohlensaurem Kalk | | 11,4 |
| Kohlensaurer Bittererde | | 0,3 |
| Alkalien | | 1,2 |
| Organischer Materie und Salmiak | | 30,0 |
| | | 100,0 |

In der organischen Materie und dem Salmiak waren bloß 2,1 % Stickstoff. Vergleicht man die Analyse dieses sogenannten europäischen Guano mit der des oben zuletzt aufgeführten von Peru, so ergibt sich, daß der Stickstoff des Ersteren nur 1/5, der phosphorsaure Kalk und die Alkalien nur 1/4 vom Letztern betragen und dennoch verkaufen die Fabrikanten Lemarchand und Comp. einen Centner dieses Düngmittels um 19 Fr., also bloß um 4—5 Fr. billiger als einen Centner Peru-Guano; woraus folgt, daß er gemäß seiner Composition wenigstens um 2/3 zu theuer ist. Also lasse sich der Landwirth nie durch Namen verführen und zum Besten halten.

Nach Tiefdrunk ist

1 Gewichtstheil peruan. Guano mit
21 Gewichtstheilen Pferdemist,
38½ „ Kuhmist,
22½ „ Schweinemist,
14½ „ gemischter menschl. Excremente

in der Wirkung gleichwerthig.

Reichardt setzt die Wirkung eines Gewichtstheils Guano derjenigen von 75 Gewichtstheilen gewöhnlichen Stalldüngers gleich. Wenn demnach guter Guano ein ausgezeichnetes Düngmittel ist, so ist doch der Preis desselben immerhin bedeutend und es muß darauf aufmerksam gemacht werden, wie der Ankauf desselben von Seiten des Landmanns durch sorgältiges Sammeln und rationelle Behandlung der ihm zur Verfügung stehenden Düngstoffe vermindert werden kann. Dieses geschieht durch Zusammenhalten und Ankauf von Knochen, durch sorg-

fältiges Sammeln der Asche und eine solche Behandlung der thierischen und menschlichen Excremente, wie sie oben angegeben wurde, so daß vom Stickstoff derselben möglichst wenig verloren geht.

## 5. Thierische Abfälle: Haare, Horn, Lederschnitzel, Federn, Wolle rc.

Sind theils als Abfälle in den Schlächtereien oder bei der Industrie und verschiedenen Gewerben, theils im täglichen Leben als Abgang zu erhalten. Sie sind sämmtllich in Bezug auf Zusammensetzung einander sehr ähnlich. Es bestehen nach Abzug der Aschenbestandtheile

| | Haare, | Horn, | Nägel, | Wolle aus |
|---|---|---|---|---|
| Kohlenstoff | 49,8 | 50,7 | 50,2 | 49,8 |
| Wasserstoff | 6,4 | 6,7 | 6,8 | 7,0 |
| Stickstoff | 17,1 | 17,3 | 16,9 | 17,7 |
| Sauerstoff / Schwefel | 26,7 | 25,3 | 26,1 | 25,5 |
| | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Ihr Reichthum an Stickstoff sowohl wie ihr Gehalt an phosphorsauren Verbindungen in der Asche machen sie zu sehr guten Düngstoffen. Dieselben gehen indessen etwas schwer in Fäulniß über, besonders das Leder, welches mit einer der Fäulniß entgegenwirkenden Substanz, der Gerbsäure, imprägnirt ist. Um sie rascher in Verwesung überzuführen, werden sie füglich mit schon stark in Fäulniß begriffenen Körpern, z. B. mit Mist zusammen liegen gelassen oder auch mit Salzsäure oder Schwefelsäure behandelt. Die Einwirkung ist hiebei um so kräftiger, je feiner zertheilt dieselben sind; Hornspäne kommen also viel eher zur Wirkung im Boden als größere, kompakte Massen desselben.

## Blut und Cadaver hingegangener Thiere.

Im eingetrockneten Zustande enthält das Blut noch 6 bis 35 % Wasser und 8 bis 14 % Stickstoff. Die Asche beträgt 6 bis 8 %, worin besonders Alkalien und phosphorsaure Salze. Das Blut ist demnach ein werthvolles Düngmittel und man

sollte es daher besonders in Schlachthäusern von Städten sammeln und zur Düngung verwenden. Zur Aufbewahrung im flüssigen Zustand eignet es sich aber nicht und kann auch in dieser Form nicht wohl transportirt werden, indem es sich äußerst leicht und rasch zersetzt. Nach Payen's Vorschlag setzt man zu je 100 Pfund Blut 5 Pfund Schwefelsäure, worauf es ohne Verlust eingetrocknet oder auch flüssig angewendet werden kann.

Eingetrocknetes Blut und trockenes Fleisch zeigen nahezu dieselbe Zusammensetzung. Fleisch im größern Maßstabe als Dung zu verwenden ist nur da möglich, wo Thiere nur der Haut oder des Felles wegen erlegt werden; bei uns können bloß etwa die Cadaver hingegangener Thiere zur Verwendung kommen. Man sollte die von der Haut entblößten Körper der crepirten Hausthiere, wenn immer thunlich, nicht unbenützt lassen und sie zum Behufe der Düngung in Stücke zerschneiden, in eine Grube bringen, mit Erde vermischen und überdecken und sie hierauf 6—8 Wochen liegen lassen. Man erhält daraus durch weiteres Vermischen mit Erde und Umarbeiten einen sehr kräftigen Compost.

## 7. Die Knochen.

Gemäß ihrer Zusammensetzung sowohl wie ihrer vortrefflichen Wirkung sind die Knochen eines der werthvollsten Düngmittel und verdienen um so mehr Beachtung, als sie jedem Landwirth zugänglich und bei uns noch um einen verhältnißmäßig geringen Preis zu haben sind. Sie sind im frischen Zustande theils aus organischen oder verbrennlichen, theils aus anorganischen Bestandtheilen zusammengesetzt.

Frische, aber gut ausgetrocknete Knochen bestehen in 100 Theilen aus:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Organischen Bestandtheilen | Fett- und Knochenleim | 30—40 % | worin: 5—6 % Stickstoff. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Anorganischen Bestandtheilen | phosphorsaure Kalk- und Talkerde, kohlensaurem Kalk und Alkalien | 60—70 %. | worin: phosphorsaure Kalk- und Talkerde 45—62 % und Alkalisalzen 0,5—1,5 %. |

Die abgegebenen Verhältnisse sind indessen etwas schwankend, indem Knochen von jungen Thieren mehr verbrennliche, Knochen von ältern mehr anorganische Stoffe enthalten.

Die Vergleichung zweier specieller Analysen von Menschen- und Ochsenknochen zeigt große Uebereinstimmung.

| Ochsenknochen. | Menschenknochen. | |
|---|---|---|
| 33,30 | 33,30 | thierische Materie |
| 1,20 | 2,45 | Natron und Kochsalz. |
| 10,30 | 3,85 | kohlensaurer Kalk. |
| 51,40 | 55,45 | phosphorsaurer Kalk. |
| 2,00 | 2,90 | Fluorcalcium. |
| 1,16 | 2,05 | phosphorsaure Bittererde. |

In gebrannten Menschenknochen fand Berzelius phosphorsaure Kalkerde und Fluorcalcium 86,4 %, in gebrannten Ochsenknochen 90,70.

In neuerer Zeit werden in Gegenden, wo es phosphorsaurreiche Mineralstoffe giebt, auch diese zur Düngung verwendet, so die Koprolithen, welche 50 — 69 und der Phosphorit von Estremadura in Spanien, der bis 80 % phosphorsaure Kalkerde einschließt. — Die Ersten, welche die Knochen zur Düngung anwandten und lange Zeit, ohne daß man ein besonderes Augenmerk darauf hatte, große Massen besonders aus Deutschland einführten, waren wiederum die Engländer.

## Präparation der Knochen zur Düngung.

Der phosphorsaure Kalk, — dieser wirksamste und wichtigste Theil der Knochen, wird nur schwer und langsam durch das Wasser aufgelöst; dazu kommt noch, daß die organischen Be-

standtheile der Knochenmaterie, vor Allem das Fett, der lösenden Einwirkung des Wassers entgegen wirken. Das den Knochen überkleidende, theils durchziehende Fett verhindert die Berührung mit Wasser, und im Boden kann sich durch Zusammenkommen desselben mit kohlensaurem Kalk unlösliche Kalkseife bilden, die, indem sie die Knochenstücke umkleidet, gleichfalls den Zutritt des Wassers verhindert. Wie sehr ganze Knochen und Skelete der Auflösung Widerstand leisten, zeigen am deutlichsten alte Gräber, worin nicht selten nach Jahrtausenden noch das Knochengerüste sich unversehrt vorfindet. Wie jedes Düngmittel, so sind auch die Knochen für den Landmann ein Kapital, das möglichst rasch verwerthet und umgesetzt werden soll.

Darum sind Knochen, als solche nicht anwendbar, sondern bedürfen einer zweckmäßigen Zubereitung. Diese besteht darin, daß man

1) die Knochen dämpft, d. h. sie der Einwirkung von Wasserdampf aussetzt, wobei das Fett, aber freilich auch ein Theil des stickstoffhaltigen Leimes, ausgeschieden wird oder
2) dieselben dörrt. Man setzt die Knochen einer Temperatur von etwa 180—190 ° aus; dabei schmilzt das Fett heraus, ohne daß ein bedeutender Verlust an Stickstoff des Knochenleims eintritt. Die zum Dörren nöthige Vorrichtung ließe sich vortheilhaft nach Art der Malzdarren in den Bierbrauereien herstellen. Früher erhitzte man in England die Knochen auch so lange und so stark, bis sie weißgebrannt waren. Man ist aber wieder davon abgekommen, indem dabei zwar alles Fett entfernt, dagegen aber auch die stickstoffhaltige Materie vollständig zerstört wird;
3) die frischen Knochen im Wasser erhitzt. Das Fett schmilzt und sammelt sich, als specifisch leichter, oben an, der Knochenleim dagegen wird ausgezogen und bleibt im Wasser gelöst. Wo diese Operation im Großen stattfindet, wird das Fett füglich zur Fabrikation von Kerzen verwendet; die Leimlösung giebt dagegen einen vortrefflichen Zusatz zur Gülle.

Sind die Knochen durch dieses oder jenes Verfahren vorbe-

reitet, so werden sie zu Pulver zerstoßen. Das Pulverisiren geschieht durch Stampfvorrichtungen, wie sie in den Oelmühlen gebräuchlich sind. Je feiner hiebei das Pulver wird, um so schneller und vollständiger gelangt es im Boden zur Wirkung; denn mit dem zunehmenden Grade der Feinheit wächst auch die Oberfläche, welche es der lösenden Einwirkung des Wassers darbietet.

Zu bemerken ist noch, daß die oben angeführten Vorbereitungen der frischen Knochen den Vortheil haben, das Zerstoßen derselben zu einem feinen Mehl zu erleichtern und überhaupt möglich zu machen. Will oder ist der Landwirth genöthigt, Knochenmehl zur Düngung zu verwenden, welches aus unpräparirten Knochen hergestellt wurde, so unterwirft er dasselbe zweckmäßig vor dem Ausbringen auf das Land noch einer sogenannten Fermentirung. Er vermischt nämlich auf einem undurchlassenden, mit Asche überdeckten Boden das Knochenmehl mit Erde, humosem Schlamm, Kehricht, auch wohl etwas Mist 2c., schichtet das Gemenge in mäßig große, lockere Haufen auf. Die Haufen werden 3—4 Wochen lang liegen gelassen und von Zeit zu Zeit mit Wasser, Jauche oder Harn übergossen; es tritt hiebei bald eine Gährung ein, die das Mehl zur Pflanzennahrung geschickter macht. Sollte hiebei der Geruch nach Ammoniak auftreten, was besonders im Sommer in nicht gar langer Zeit der Fall sein könnte und dann einen Verlust an Stickstoff zur Folge hätte, so übergießt man die Haufen mit verdünnter Schwefelsäure. Die verdünnte Schwefelsäure wird bereitet, indem man etwa 1 ℔ käufliche, concentrirte Schwefelsäure in 12 — 15 ℔ Wasser unter Umrühren schüttet. Diese Menge wird genügen, um das sich entwickelnde Ammoniak aus einem Centner Knochenmehl zu binden.

## Aufschließung der Knochen durch Schwefelsäure.

Um die Knochen noch schneller löslich oder wirksam im Ackerboden zu machen als dieß durch die eben angegebenen Vorbereitungen nnd die Fermentirung geschieht, macht Liebig zuerst den Vorschlag, sie mit Säuren zusammenzubringen. Die Schwefelsäure ist wohl hiezu am zweckmäßigsten.

Es findet hiebei folgender Vorgang statt: Die Schwefelsäure verbindet sich mit ²/₃ Kalkerde (2 Aequivalenten) in dem phosphorsauren Kalk der Knochen zu Gyps und es entsteht ein sog. saurer phosphorsaurer Kalk, der im Wasser leicht löslich ist.

Das Gemenge besteht somit nach dem Behandeln mit Schwefelsäure, wenn rohes Knochenmehl angewendet wurde, aus: Löslichem phosphorsaurem Kalk, Leim, Fett und Gyps. Es ist in der Regel feucht und selbst naß, wenn viel Wasser zum Knochenmehl hinzugesetzt worden war; um es aufzutrocknen setzt man so viel gewöhnliche Holzasche hinzu als nöthig ist und schaufelt um. Eine sehr gute, praktische Methode, Knochenmehl aufzuschließen, die von jedem Landwirth vorgenommen werden kann, ist nach dem Vorschlage von Stöckhardt folgende: Auf einer undurchlassenden Scheuertenne wird aus einem Gemenge von Asche und Erde ein kreisförmiger Wall errichtet, so daß etwa ein Centner Knochenmehl in der Mitte Platz hat. Das zum Aufschließen mit Schwefelsäure bestimmte Knochenmehl wird zuerst durch ein Sieb gelassen, der feinere, durchgehende Theil des Mehles auf die Seite gethan; der gröbere auf dem Sieb bleibende Theil dagegen innerhalb dem Walle ausgebreitet und vermittelst einer Gießkanne mit etwa 6 ℔ Wasser besprengt und endlich etwa 11 ℔ englische Schwefelsäure darüber gegossen. Man schaufelt die Masse gut um und läßt sie etwa 24 Stunden liegen, worauf die Operation wiederholt wird, d. h. man setzt abermals dieselbe Menge Wasser und Schwefelsäure zu und mischt sie durcheinander. Nachdem die Stoffe wiederum 24 Stunden aufeinander eingewirkt haben, wird jetzt auch das feine Knochenmehl zugesetzt und zum Schluß das aufgeschlossene Knochenmehl mit der Asche und Erde des Walles mit der Schaufel möglichst gut durcheinander gearbeitet, so daß eine gleichmäßige Mischung entsteht. Wegen dem Gehalte der Knochen an kohlensaurem Kalk entsteht beim Mischen mit Säure ein Aufschäumen und es kann dabei die Masse über den Damm hinaussteigen. Durch ganz langsames, allmäliges Zusetzen der Schwefelsäure wird dieser Uebelstand vermieden. — Allerdings geht das durch Schwefelsäure auf die angeführten Arten aufgeschlossene Knochenmehl im Boden beim Zusammenkommen mit

dem Kalke des Ackerbodens größtentheils, wo nicht ganz wieder in basisch phosphorsaure Kalkerde, d. h. in die ursprüngliche Zusammensetzung der Knochenerde über; allein der Vortheil der Aufschließung, welche sich praktisch überall so gut bewährt hat, beruht darauf, daß durch dieselbe eine sehr feine Vertheilung und Zertheilung der Knochensubstanz bewirkt wird, so daß die Lösungsmittel einen viel größeren Spielraum bekommen; überdieß wird dabei Gyps erzeugt, der wieder seine besonderen Wirkungen hat, die später besprochen werden sollen.

In der Schweiz fabriziren die Herren Gebrüder van Vloten in Marthalen, Kantons Zürich, ein Düngmittel, das im Wesentlichen aufgeschlossenes Knochenmehl ist und nach einer von mir ausgeführten Analyse folgende Zusammensetzung besitzt:

| | | |
|---|---|---|
| Feuchtigkeit | = | 18,90 % |
| Phosphorsäure | = | 19,10 |
| Kalkerde | = | 18,03 |
| Schwefelsäure | = | 11,45 |
| Chlor | = | 2,03 |
| Kieselsäure | = | 2,23 |
| Organische Materie | = | 28,26 |
| | | 100,00 |
| Stickstoffgehalt | = | 2 %. |

Wie durch Schwefelsäure lassen sich die Knochen auch durch Salzsäure aufschließen; in diesem Falle entsteht aber kein Gyps, sondern ein anderes Salz — das Chlorcalcium oder salzsaure Kalkerde. Die Manipulationen sind die gleichen.

Der Werth eines käuflichen Kalksuperphosphats (aufgeschlossenen Knochenmehls) hängt zunächst von der Feinheit des Mehles und der Menge der Schwefelsäure ab, die darin sich findet; im Uebrigen soll es höchstens bloß 18 % Wasser und 2 bis 6 % Sand, Thon oder andere derartige werthlose Beimengungen, dagegen zwischen 40 und 50 % Phosphorsäure und Erden und etwa 2 bis 8 % Stickstoff enthalten; der Grad der Aufschließung wird bei der Analyse durch die Menge der Schwefelsäure erkannt.

## Anwendung des Knochenmehls.

Das Knochenmehl liefert, besonders wenn die Knochen voraus geglüht oder gedämpft worden waren, den Pflanzen der Hauptsache nach bloß ihren Bedarf an Phosphorsäure; bei der Bildung der vorzüglichsten, stickstoffhaltigen Körper in der Pflanze, als des Klebers, des Eiweißes und des Käsestoffes geht die Aufnahme von Phosphorsäure und Stickstoff Hand in Hand, sie bedingen einander der Art, daß, wo Phosphorsäure fehlt, kein Stickstoff aufgenommen wird und umgekehrt. Daraus folgt aber, daß wenn Knochenmehl im Boden zur vollen Wirkung gelangen soll, es nicht als solches, sondern mit anderm stickstofflieferndem Dünger gemischt angewendet werden muß. Man mischt dasselbe zweckmäßig mit Stallmist, Gülle, Guano, Ammoniaksalzen 2c. und bringt es so auf's Land.

In Bezug auf Menge und Mischung hat man nachstehende Verhältnisse als richtig befunden zur Düngung einer Jucharte Landes:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 140 Centner Stalldünger | mit | 240 | ℔ | gewöhnl. Knochenmehl |
| " " " | " | 120 | " | fermentirtem Knochenmehl |
| " " " | " | 60 | " | mit Säure aufgeschlossenem Knochenmehl. |
| 350 ℔ Knochen | mit | 150 | ℔ | Oelkuchenpulver |
| " " " | " | 75 | " | Guano. |
| " " " | " | 50 | " | Chilisalpeter |
| " " " | " | 150 | " | Gyps mit Harn angefeuchtet. |

Knochenmehl, besonders aufgeschlossenes, mit Gülle zu mischen und so auszuführen, ist ganz am Platz.

Das Knochenmehl darf man nicht zu tief in den Boden bringen; denn dadurch würde der so nöthige Zutritt der Luft theilweise abgeschlossen; anderseits käme es aus dem Bereich der Wurzeln vieler Pflanzen. Die gewöhnliche Zeit der Verwendung ist der Oktober oder November, hie und da auch der April, wobei angenommen werden kann, daß es nach Verlauf eines Jahres zur vollen Thätigkeit gelange und je nach Umständen mehrere Jahre wirksam sei; ohne Wirkung ist ohne

Zweifel das Knochenmehl nur da, wo der Boden schon an und für sich reich an phosphorsauren Salzen ist.

Wenn auch die Asche der Getreidekörner, der Bohnen, Linsen und Erbsen sich vornehmlich reich an Phosphorsäure zeigen, so wirkt dennoch das Knochenmehl nicht bloß auf diese Pflanzen, sondern übt auf alle eine mehr oder weniger große Wirkung aus, so namentlich auch auf Wiesen, Rüben, Raps u. s. w. Zweckmäßig ist es, Knochenmehl auf Grasboden anzuwenden, der später aufgebrochen werden soll, um darauf Getreide anzupflanzen. Möge also der Landwirth jeden Knochensplitter sorgfältig aufheben; er birgt in sich die Grundlage zur Erzeugung der schönsten Getreidekörner!

## Die Einstreu.

Theils um mehr Dünger zu erzeugen, theils um das Vieh reinlicher zu halten und ihm ein bequemeres Lager zu bereiten, ist die Einstreu schon längst im Gebrauch. Das Stroh der Getreidearten dient in der Regel dazu; wo dasselbe aber mangelt, gebraucht man Ersatzmittel: Kartoffelkraut, Moos, Binsen, Nadeln von Nadelholz, Laub oder auch moorige Erde und getrockneten Torf. Niemals hat aber die Einstreu denselben Werth, wie der feste und flüssige Dünger der Menschen und des Viehes. Am höchsten im Werth steht noch die Stroh-Einstreu. Moosstreu setzt man zu $^3/_4$ des Werthes von Strohstreu; Nadeln der Nadelhölzer zu $^1/_4$ bis $^3/_4$ und Laub gleich $^1/_4$ bis $^1/_3$ davon.

Die Einstreu liefert, nach der Fäulniß, den Pflanzen besonders die Mineralbestandtheile, hat aber auch noch eine mechanische Bedeutung, insofern sie zur Auflockerung eines festen, undurchlassenden Bodens beiträgt. — Die erdige Einstreu saugt die flüssigen Theile des Düngers ein und soll auch die Ammoniaksalze binden; nicht zu empfehlen ist aber die Anwendung von gebranntem Kalk, indem derselbe, statt Ammoniak zu fesseln, es gerade austreiben wird.

# II. Vegetabilische Düngmittel
oder
# Düngstoffe aus dem Pflanzenreich stammend.

---

## 1. Die Gründüngung.

Häufig werden bei uns Gras, der letzte Kleeschnitt, Unkräuter auf brach gelegenem Boden, an andern Orten Lupinen, Buchweizen, Wicken, Erbsen, Raps ꝛc. im grünen Zustand untergepflügt, was man Gründüngung heißt. Der Grund der Wirkung der Gründüngung ist nicht schwer einzusehen. Die untergepflügten Pflanzen gerathen bald in Zersetzung und liefern zunächst Humus, der den Boden auflockert, was eine schnellere Aufschließung der erdigen Bestandtheile zur Folge hat; später liefern die Humussubstanzen selbst Asche, die fein zertheilt und gleichsam präparirt ist, um gleich wieder in die neuen Pflanzen eintreten zu können. Daß die Gründüngung besser als die Brache allein ist, versteht sich von selbst, indem durch Letztere bloß eine Verwitterung der Bodenbestandtheile, durch Erstere nicht nur das, sondern auch die Erzeugung einer Humusschicht zu Stande kommt.

## 2. Oelkuchen.

Wie in der Düngung mit Knochen und Guano, so gingen die Engländer auch in der Anwendung der Oelkuchen voran. Nach statistischen Notizen war die Einfuhr an Knochen, Guano und Oelkuchen während 3 Jahren folgende:

| | 1852. | 1853. | 1854. | |
|---|---|---|---|---|
| Guano | 4,860,280 | 2,597,780 | 2,463,320 | Centner. |
| Knochen | 639,120 | 977,680 | 755,700 | " |
| Oelkuchen | 1,101,520 | 1,078,780 | 1,289,000 | " |

Die steigende Einfuhr der Oelkuchen ist der beste Beweis für die gute Wirkung, welche dieselben auf die Vegetation ausüben und es ist dieß leicht einzusehen; denn, wie früher schon angegeben, häufen sich die phosphorsauren Salze in den Samen

an und hier entstehen neben Oel die stickstoffhaltigen Eiweißstoffe. Der durch Pressen von der größten Menge des Oeles befreite Same oder der Oelkuchen ist somit namentlich ein Lieferant für Stickstoff und Phosphorsäure; außerdem enthält er noch Alkalien, wie aus der Anführung der Analyse der Asche von Rapskuchen ersichtlich ist. Durch Pressen allein ist es freilich kaum möglich, alles Oel zu entfernen und dieses ist nachtheilig, weil es die Zersetzung der Kuchen verzögert.

Nach den Untersuchungen von Soubeiran und Girardin waren die Kuchen von nachstehenden Samen wie folgt zusammengesetzt:

| | Wasser. | Oel. | Stickstoff. | Asche. | Darin phosphors. Kalk. |
|---|---|---|---|---|---|
| Leindotter | 14,5 | 12,2 | 5,57 | 8,2 | 50 % |
| Bucheckern | 14,0 | 4 | 4,50 | 6,2 | 33 |
| Hanfsamen | 13,8 | 6,3 | 6,20 | 10,5 | 68 |
| Leinsamen | 12,0 | 12,0 | 6,00 | 7,0 | 68 |
| Mohn | 11,0 | 14,2 | 7,00 | 12,5 | 70 |
| Raps | 11,0 | 14,1 | 5,55 | 6,5 | 66 |

Die Asche der Oelkuchen von Raps enthielt:

| | |
|---|---|
| Kali | 21,90 % |
| Kalk | 8,62 |
| Talkerde | 14,75 |
| Eisenoxyd | 4,50 |
| Kochsalz | 0,46 |
| Chlorkalium | 0,17 |
| Schwefelsäure | 1,62 |
| Phosphorsäure | 32,70 |
| Kieselsäure | 13,07 |
| Kohlensäure | 2,15 |
| | 99,94 |

Die Oelkuchen sind viel leichter zersetzbar als Knochenmehl; dennoch muß man sie im pulverisirten Zustande anwenden, schon deßhalb, weil dadurch eine gleichmäßige Vertheilung derselben auf dem Lande ermöglicht wird. Die Verwendung des Pulvers ist eine mehrfache. Entweder streut man es für sich auf das Land oder mischt es zuvor mit Jauche, Guano und Erde, auch mit

Kalk, welch letzteres Gemisch nach Stöckhardt recht gute Wirkung haben soll. Derselbe Agriculturchemiker stellt die Gesammtwirkung von

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Centner Rapsmehl | | = | 18—20 Centner Stalldünger. |
| 1½ | „ | „ | = | 1 Centner Knochenmehl. |
| 3 | „ | „ | = | 1 Centner Guano. |

Die Oelkuchen müssen gemäß ihrer Zusammensetzung das Wachsthum aller Pflanzen befördern; daß sie namentlich auch wieder zur Düngung von Oelgewächsen passend sind, leuchtet ein, weil sie in Bezug auf Qualität und Quantität gerade die Stoffe enthalten, welche dieselben bedürfen.

An vielen Orten werden die Oelkuchen zunächst als Viehfutter benützt, wobei ein Theil sich in Fleisch und Milch verwandelt und ein sehr kräftiger Dünger resultirt. Man glaubt, daß nur auf diese Weise die Oelkuchen vollständig zur Verwerthung kommen. Wie dem sei, so viel ist auf jeden Fall gewiß, daß die Oelkuchen als Düngmittel werthvoll sind. Sie also zu verkaufen oder gegen ein geringes Quantum Oel an den Oelmüller abzutreten, was noch häufig geschieht, ist offenbar ein den Interessen des Landwirthes ganz entgegengesetztes Verfahren. —

### 3. Malzkeime.

Sind als Abgang in den Bierbrauereien zu haben; sie zersetzen sich rasch, wirken daher schnell, aber nicht anhaltend auf die Vegetation. Die Malzkeime enthalten durchschnittlich über 4 % Stickstoff und 7—8 % Asche, worin besonders die Alkalien, die Phosphorsäure und Kieselsäure vertreten sind.

### 4. Holzkohle und Ruß.

Beide Stoffe werden durch den Sauerstoff der Luft selbst in sehr langer Zeit kaum bemerkbar angegriffen; somit ist die Wirkung, welche sie hervorzubringen im Stand sind, nur in geringem Maß ihrer Asche oder dem Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff, den sie noch einschließen, zuzuschreiben; sie haben aber physikalische Eigenschaften, worauf sich ihr Einfluß auf das Wachsthum der Pflanzen stützt. Wie fast alle feinzertheilten, porösen Körper

nehmen sie nämlich Gase und Flüssigkeiten, besonders Ammoniak und Kohlensäure auf, die sie für die Gewächse aufbewahren. Ruß enthält überdieß noch fertig gebildete Ammoniakverbindungen. Ihre Wirkung läßt sich ferner auch aus dem Umstande erklären, daß sie außer Gasen auch die Wärme der Luft absorbiren und im Boden zurückhalten.

---

## III. Mineralische Düngmittel.

### 1. Die Asche.

Der Rückstand, welcher beim Verbrennen der Pflanzen bleibt, wird Asche genannt; er enthält diejenigen Stoffe, welche sie während dem Lebensprozeß aus dem Boden in sich aufgenommen hat. Die Asche aller Pflanzen ist nahezu in qualitativer Hinsicht gleich zusammengesetzt, dagegen ist das Verhältniß der Bestandtheile in quantitativer Beziehung verschieden (siehe oben). Es wurde bis jetzt stets darauf aufmerksam gemacht, welch große Bedeutung die Aschenbestandtheile für das Wachsthum der Gewächse haben und daraus ergiebt sich auch der Werth der Aschendüngung. Die Düngung mit Asche hat den Zweck, dem Ackerboden diejenigen Mineralstoffe wieder zu ersetzen, die ihm durch die Cultur oder die Ernten entzogen worden sind. Je nach dem hervorragenden Bestandtheile zerfallen die Pflanzenaschen in drei natürliche Gruppen:

1) In Aschen, die vorzüglich kohlensaure Alkalien und Erden einschließen. Dazu gehören die Aschen der Holzarten und der krautartigen Gewächse.
2) In Aschen, die sich durch ihren Gehalt an phosphorsauren Alkalien und Erden auszeichnen. Es sind dieß die Aschen, welche beim Verbrennen der Samen entstehen, und
3) In Aschen mit hervorragendem Kieselsäuregehalt. Solche geben die Halme der Getreidearten und Gräser bei der Verbrennung.

Von besonderer Bedeutung sind die Aschen der Holzarten, weil sie täglich beim Verbrennen des Holzes entstehen und dem

Landwirth, auch außer derjenigen, die im Haushalt erzeugt wird, leicht zugänglich sind. Getreidekörner und Gräser werden von Menschen und Vieh verzehrt und die Aschen derselben gelangen durch den Dünger in die Ackererde zurück. Nebst den Holzaschen sind auch Aschen von Torf, Braunkohle und Steinkohle ꝛc. erhältlich; sie haben aber nicht denselben Düngwerth, wie sich aus nachfolgenden Analysen ergiebt.

| | Asche von | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Kiefernholz. | Torf. | Braunkohle. | Steinkohle. |
| Kali | 7,04 | 0,28 | 1,67 | — |
| Natron | 4,43 | 0,27 | 1,86 | — |
| Kalk | 24,63 | 39,34 | 45,47 | 6,0 |
| Talkerde | 5,28 | 2,43 | — | 8,0 |
| Eisenoxyd | 4,92 | 13,23 | 20,67 | 3,0 |
| Thonerde | 0,92 | 1,46 | 1,23 | 5,0 |
| Schwefelsäure | 2,03 | 5,79 | 15,52 | — |
| Phosphorsäure | 3,84 | 5,47 | — | — |
| Kieselsäure | 30,30 | 1,61 | — | — |
| Kohlensäure | 16,26 | 24,47 | 13,58 | — |
| Chlor | 0,36 | 0,39 | — | — |
| Sand und Thon | — | 4,08 | — | 62,0 |
| Eisenoxyd und Schwefeleisen | — | — | — | 16,0 |
| | 100,01 | 98,82 | 100,00 | 100,0 |

Aus diesen, sowie noch vielen andern Untersuchungen erhellt, daß die Holzasche weitaus die werthvollste ist und das besonders durch ihren Kaligehalt, insofern derselbe als Nahrungsmittel auftritt und anderseits zur Aufschließung der kieselsauren Verbindungen beiträgt. Der Aschenreichthum der verschiedenen Holzarten und Culturgewächse ist oben im theoretischen Theil angeführt. Schon die alten Römer erkannten den Werth der Aschendüngung, so daß sogar angerathen wurde, den Theil der Ernte, welcher nicht zum Verbrauch kam, auf dem Felde wieder zu verbrennen. — Zu einer vortheilhaften Anwendung der Asche dürfen einige leitende Gesichtspunkte nicht außer Acht gelassen werden:

1) Das Ausstreuen der Aschen auf Wiesen scheint nicht rationell; denn beim nächsten Regen werden die löslichen Theile der Asche, besonders aber der werthvollste, das kohlensaure Kali, ausgelaugt, so daß die Gräser auf einmal viel mehr Alkali erhalten als sie in sich aufnehmen können. Der kostbarste Theil der Asche geht größtentheils verloren.

2) Man pflügt daher die Asche, sei sie zur Düngung von Kartoffeln oder Halmfrüchten bestimmt, unter; sie bleibt dadurch vor zu rascher Lösung geschützt und der unter Nr. 1 bezeichnete Verlust findet nicht statt.

3) Niemals darf Asche mit faulendem Dünger oder Jauche vermischt werden, weil das kohlensaure Kali das Ammoniak austreibt und so einen Verlust an Stickstoff bewirkt. Asche dagegen mit aufgeschlossenem oder auch rohem Knochenmehl zu mischen, ist ganz am Platz, weil in dem Knochenmehl keine Alkalien enthalten sind, und somit durch das Gemenge zwei Hauptbedürfnissen des Pflanzenreiches entsprochen wird.

## 2. Der Gyps.

Das Verdienst, in Deutschland zuerst die Landwirthe im Allgemeinen auf die Wirkung des Gypses aufmerksam gemacht zu haben, gebührt Herrn Pfarrer Mayer in Kupferzell (im Hohenlohe'schen). Er erwarb sich dadurch den Namen: „Apostel des Gypses." In der Schweiz fanden die Worte Mayers bei dem um die Landwirthschaft hochverdienten Tschiffeli Eingang, der die durch Gypsdüngung erzielten, auffallenden Resultate in den Abhandlungen der ökonomischen Gesellschaft (1771) publizirte; in Deutschland wirkte zu gleicher Zeit für die Einführung der Gypsdüngung Schubart von Kleefeld. Benjamin Franklin, bekannt als Staatsmann und Gelehrter, verpflanzte die Anwendung des Gypses von Frankreich nach Amerika.

Ueber den Grund der Wirkung des Gypses sind früher sehr verschiedene, einander wiedersprechende und sogar unsinnige Ansichten ausgesprochen worden, wie das auch nicht anders sein konnte zu einer Zeit, wo man weder über die Zusammensetzung der Pflanzen noch ihre Nahrungsmittel irgend eine nur einigermaßen richtige Ansicht hatte; erst der spätern chemischen Unter-

suchungen blieb es vorbehalten, die durch Anwendung des Gypses zu Tage tretenden Erfolge befriedigend zu erklären. Die Wirkung des Gypses kann gegenwärtig auf folgende Funktionen zurückgeführt werden:

1) Der Gyps (schwefelsaure Kalkerde, siehe oben) setzt sich mit dem bei der Fäulniß der organischen, pflanzlichen und thierischen Stoffen auftretenden kohlensauren Ammoniak so um, daß schwefelsaures Ammoniak und kohlensaure Kalkerde entstehen.

| | | |
|---|---|---|
| Kohlensaures Ammoniak<br>×<br>Schwefelsaure Kalkerde | = | Schwefelsaures Ammoniak.<br><br>Kohlensaurer Kalk. |

Da nun das kohlensaure Ammoniak sehr flüchtig ist, schwefelsaures Ammoniak dagegen nicht, so stellt sich der Gyps als ein Bindungsmittel des Stickstoffes heraus. In diesem Sinne wirkt der Gyps, wenn er unter den Mist gestreut wird oder wenn er in der Ackererde mit faulenden organischen Materien (Dünger, Humus) zusammen kömmt.

2) Der Kalk sowohl wie die Schwefelsäure des Gypses sind auch direkt Nahrungsmittel des Pflanzenreiches. Zwar möchte es nur wenig Bodenarten geben, in welchen nicht schon genügend kohlensaurer Kalk enthalten ist, allein der durch die Wechselzersetzung zwischem kohlensaurem Ammoniak und Gyps entstandene befindet sich in einem solchem Zustande der Zertheilung, daß er rasch und leicht in die Pflanzen übergeht. Gyps als solcher geht nur in geringer Menge in den Pflanzenorganismus ein. — Daß die im Gyps enthaltene Kalkerde diese letztere Bedeutung hat, geht besonders aus der Thatsache hervor, daß die schwefelsaure Kalkerde auf die Pflanzen die auffallendste Wirkung ausübt, die sich durch Kalkreichthum in der Asche auszeichnen. So haben die Landwirthe schon längst herausgefunden, daß der Gyps lange nicht so großen Einfluß auf das Wachsthum der Getreidearten und Gräser ausübt als auf Klee. Getreide und Gräser sind sogenannte Kieselpflanzen.

Bestünde nun die Arbeit des Gypses einzig nur in der Fixirung des Ammoniaks, respective des Stickstoffes, so bliebe diese Thatsache unerklärbar, weil gerade die Cerealien besonders Stickstoff nöthig haben, um Kleber zu erzeugen. Von einigen

Agriculturchemikern wird der Gyps auch außerdem noch als ein Reizmittel für das Wachsthum betrachtet; es ist aber schwer einzusehen, welche Vorstellung man sich von dieser Verrichtung zu machen hat, wenn sie nicht schon in dem Vorhergehenden inbegriffen ist.

Bringt man Bittersalz (schwefelsaure Magnesia) statt Gyps zu Klee, so soll nach neuern Versuchen die Mehrproduktion eben so groß ausfallen; darnach wäre die Wirkung des Gypses hauptsächlich der Schwefelsäure zuzuschreiben.

Ueber eine vortheilhafte Anwendung des Gypses lassen sich aus den bisher gemachten Erfahrungen der Landwirthe folgende Sätze ableiten:

1) Gebrannter und ungebrannter Gyps, unter denselben Umständen angewendet, zeigen keine wesentliche Verschiedenheit in ihrer Wirkung, somit scheint es ökonomischer, ungebrannten Gyps anzuwenden. Je feiner der Gyps aber pulverisirt ist, um so vollständiger ist seine Wirksamkeit.

2) Der Gyps wirkt mit größerem Erfolg auf trockenem, warmem und leichtem Boden als auf nassem und kaltem.

3) Beinahe keinen Einfluß übt der Gyps da aus, wo der Boden schon ziemliche Mengen von schwefelsaurer Kalkerde enthält; ferner ist der Erfolg der Gypsdüngung nur gering auf humusarmem, nur wenig oder gar nicht gedüngtem Boden.

4) Gyps mit Ofenruß oder Asche gemengt anzuwenden, hat sich als gut bewährt.

5) Am vorzüglichsten ist die Wirkung des Gypses auf die Kleearten (Klee, Esparsette und Luzerne), auf Erbsen und Wicken; auf Wiesen, Rüben, auf Raps ist sein Einfluß mehr oder weniger günstig gefunden worden. Gegypste Kartoffeln sollen besonders schöne Knollen geben.

6) Der Gyps bedarf zu seiner Wirksamkeit der Mithülfe des Wassers; daher streut man ihn in der Regel im Frühjahr (April oder Mai) bei feuchter Witterung, Thau oder nach einem Regen über die Pflanzen aus. Dabei ist es wesentlich, daß das Gypspulver eine Zeit lang auf den Blättern liegen bleibt; nicht gut dagegen ist es, wenn gleich auf das Gypsen ein Regen folgt und denselben wieder wegschlemmt. — Das Gypsen

auf Klee soll sich am besten erweisen, wenn derselbe das erste Dreiblatt getrieben hat.

Bei der Gypsdüngung darf der Landwirth nie vergessen, daß sie das Bedürfniß der Pflanze an Nahrung nur theilweise befriedigt und daß deßhalb die Düngung mit Stallmist nicht unterlassen werden darf.

## 3. Mergel.

Die Hauptbestandtheile des Mergels sind kohlensaurer Kalk, Thon und Sand und er zerfällt je nach dem vorwaltenden Stoffe in Kalk-, Thon- und Sandmergel. Außerdem sind jedoch im Mergel noch viele andere Stoffe enthalten, wie sich aus folgender Analyse eines Mergels von Struckmann ergiebt. Derselbe wird gefunden bei Großsachsen im Osnabrückischen.

| | |
|---|---|
| Kohlensaurer Kalk | = 25,39 |
| Kohlensaure Bittererde | 14,29 |
| Kohlensaures Eisenoxydul | 3,89 |
| Kohlensaures Manganoxydul | 1,00 |
| Gyps | 0,15 |
| Kochsalz | 0,03 |
| Chlorkalium | 0,01 |
| Kali | 0,47 |
| Natron | 0,09 |
| Thonerde | 1,33 |
| Lösliche Kieselsäure | 0,17 |
| Organische Substanz | 0,05 |
| Wasser | 3,00 |
| Thon und Sand | 50,13 |
| | 100,00 |

Nebst Spuren von Chlormagnium und salzsaurem Ammoniak. Wie natürlich variren die Mergel sehr in Bezug auf Zusammensetzung an den verschiedenen Fundorten; schon äußerlich sind Farbe und Consistenz ungleich. Man findet schwarze, weiße, graue, bläuliche und buntfarbige Mergel.

Der Mergel ist ein Mittel zur Verbesserung des Bodens; er muß aber, um diesen Zweck zu erfüllen, in bedeutendem Quantum auf das Land gefahren werden: 1000—1500 Centner

pro Juchart. Abgesehen davon, daß er die physikalischen Eigenschaften der Ackererde je nach den Verhältnissen mehr oder weniger verbessert, beruht die gute Wirkung desselben besonders auf seinem Gehalt an Kalk und Alkalien.

Sandiger, durchlassender, heißer Boden wird durch Mergelung zusammenhängender, bündiger und bekommt die nothwendige Kalkerde und Thon; fast reiner Kalkboden erhält dadurch die andern für das Wachsthum nöthigen Mineralkörper.

In der Regel pflügt man den Mergel nicht sogleich unter, sondern breitet ihn auf dem Lande aus und läßt ihn während des Winters liegen. Er zerfällt dabei und gelangt hierauf, feiner zertheilt, beim Pflügen in die Ackerkrume, was den Vortheil hat, daß er schneller zur Wirkung kommt.

## 4. Kalk.

Im gewöhnlichen Leben versteht man unter Kalk die kohlensaure Kalkerde, wie sie bei uns natürlich in großem Quantum sich vorfindet und ganze Gebirge bildet. Die Düngung mit kohlensaurem Kalk möchte aber nur in seltenen Fällen nöthig und von Vortheil sein z. B. da, wo ein Ackerboden nur wenig oder gar keine Kalkerde enthält.

Der Kalk, welchen man zur Düngung, besonders in England und Sachsen verwendet, ist der kohlensäurefreie, gebrannte Kalk, auch Aetzkalk genannt. Seine Eigenschaften sind oben im theoretischen Theile genauer angegeben. Auch dem gebrannten Kalke werden von den landwirthschaftlichen Schriftstellern gar verschiedene Wirkung zugeschrieben; wir heben daraus nur diejenigen hervor, die uns begründet vorkommen.

1) Er stumpft in Moorboden, der durch Humussäuren sauer geworden ist, wie sich die Landwirthe ausdrücken, diese Säuren ab. Für saure Wiesen und Felder, überhaupt für sumpfiges Mooslaud, ist er demnach ein Verbesserungsmittel; dieselben müssen aber zugleich entweder durch Drainirung oder Abzugsgräben entwässert werden.

2) Strenger, zäher und kalter Thonboden wird durch Zusatz von Kalk gelockert und bekömmt für das Gedeihen der Pflanzen zuträglichere Eigenschaften. Er wirkt hier aber nicht bloß physi-

kalisch, sondern auch chemisch. Der Kalk ist nämlich eine starke Basis und verbindet sich mit der Kieselsäure des Thons und des Alkalis zu kieselsaurer Kalkerde, während das Alkali bloßgelegt und zum Eingehen in die Pflanzen befähiget wird. Hierauf tritt die Kohlensäure der Luft mit der kieselsauren Kalkerde in Wechselwirkung, in Folge dessen kohlensaure Kalkerde und lösliche Kieselsäure entstehen. Daraus erklärt sich die gute Wirkung der Kalkdüngung auf Getreide, das auf stark thonhaltigem Boden steht; denn die Getreidearten bedürfen vorzüglich auch der Kieselsäure und des Alkalis zur Vegetation.

3) Ist Kalk nicht in genügender Menge in der Ackerkrume vorhanden, so befriediget Kalkzusatz ein nothwendiges Bedürfniß des Pflanzenreiches; selbst da, wo schon genug Kalk vorhanden ist, hat Kalkdüngung, z. B. auf die Kleearten, gute Wirkung gezeigt, ähnlich dem Gyps, indem das feine Kalkpulver leichter und schneller löslich wird als der schon vorhandene kohlensaure Kalk.

4) Nach vielen übereinstimmenden Urtheilen, die der Erfahrung entnommen sind, befördert Kalk die Vermoderung und Fäulniß der im Boden sich befindlichen organischen Materien. Der Kalk befördert also indirekt das Wachsthum dadurch, daß er die Vorbereitung der Nahrungsmittel beschleunigt.

Auch der Kalk wirkt natürlich um so besser, je feiner zertheilt er ist; er braucht übrigens nicht speziell pulverisirt zu werden, sondern zerfällt bekanntlich von selbst beim Liegen an der Luft, indem er Kohlensäure und Wasser anzieht. Praktisch ist folgendes Verfahren bei der Kalkdüngung: Man führt den Kalk in mäßig großen Stücken aufs Feld, schichtet ihn dort zu Häufen auf und überdeckt denselben mit einer Schicht Erde von 1½ bis 2 Zoll Dicke. Diese Erddecke gestattet der Feuchtigkeit und der Kohlensäure der Luft nur unvollkommenen Zutritt, so daß die Stücke wohl zu Pulver zerfallen, aber nur theilweise in kohlensauren Kalk übergehen, was die Wirkung vermindert. Nach 10 bis 12 Tagen ist das Zerfallen beendet und man kann das Mehl jetzt vermittelst zweiräderigen Karren, die hinten offen sind, auf dem Acker ausbreiten und dann unterpflügen oder eineggen.

Bei der Anwendung des Kalkes als Düngmittel bedarf übrigens der Landwirth gehöriger Umsicht und Kenntniß des richtigen Maßes, in welcher die Düngung auszuführen und wo sie am Platze ist. Mageres Land, das stark und anhaltend mit Kalk gedüngt wird, ohne Anwendung von Mist, wird in nicht gar langer Zeit den Humus verloren haben und unfruchtbar geworden sein; daher das Sprichwort: „Der Kalk macht reiche Väter, aber arme Kinder!“ Statt auf einmal sehr stark zu kalken, ist es vernünftiger, nur eine schwächere Kalkdüngung anzubringen, dieselbe aber etwa von 6 zu 6 Jahren zu wiederholen und zwischen hinein kräftig mit Mist zu düngen. Mist und Kalk zu gleicher Zeit anzuwenden, ist deßhalb unstatthaft, weil durch den Kalk das Ammoniak des Düngers ausgetrieben würde. Der Kalk hat gute Wirkung auf Klee, Luzerne, Esparsette, Erbsen, Wicken, Bohnen, Roggen, Weizen rc. und er soll auch zur Anwendung kommen, wenn Bodenbeschaffenheit oder sonstige Verhältnisse eine Kalkdüngung rationell erscheinen lassen.

## 5. Düngsalz.

Das von den Landwirthen häufig verwendete Düngsalz ist der Abfall der Salinen. Es besteht aus Kochsalz, Gyps, schwefelsaurer Bittererde, Glaubersalz rc. Nach Geubel soll das Kochsalz in der Ackererde sich ganz ähnlich verhalten, wie Gyps, d. h. sich mit dem kohlensauren Ammoniak so umsetzen, daß kohlensaures Natron und Salmiak entstehen.

Seine Wirkung bestände also darin, daß es einerseits ein Bindungsmittel für Stickstoff wäre, anderseits manchen Landpflanzen das nöthige Natrium und Chlor lieferte. Inwiefern es Reizmittel für das Wachsthum ist, lassen wir, wie beim Kalke und Gyps, dahingestellt.

Düngsalz hat gute Wirkung auf Flachs, Raps, Klee, Erbsen, Bohnen, Kartoffeln, gelbe Rüben, sowie auf Wiesen; bei Obstbäumen befördert es nach den Erfahrungen vieler Landwirthe die Tragbarkeit; dagegen ist es geeignet, Unkräuter, wie Moos und schädliche Thiere, z. B. Ameisen und Schnecken zu vertreiben. Im Betreff der Anwendung hat man zu bemerken, daß eine starke Salzdüngung auf die Pflanzen ätzend wirkt,

dieselben verbrennt, wie man sich auszudrücken pflegt; zweckmäßig ist es daher, das Düngsalz mit andern Düngmitteln, mit Mist, Jauche, Oelkuchen oder Compost gemischt anzuwenden. Es mit Jauche vermischt oder darin gelöst aufs Land zu bringen, haben bei uns viele Landwirthe als sehr gut befunden. Von Zeit zu Zeit etwas Salz über Dünger zu streuen, ist ebenfalls empfehlenswerth. Mit dem Samen darf man Kochsalz nicht zu gleicher Zeit unterbringen, sondern es soll einige Zeit voraus der Ackererde einverleibt werden, wobei etwa 50—60 ℔ auf die Jucharte genügen. Im Ganzen ist seine Wirkung größer auf warmem, trockenem Boden und in warmen Sommern als in nassem Boden und bei darauf folgender, lange Zeit anhaltender regnerischer Witterung.

## 6. Chilisalpeter.

Der Chilisalpeter ist salpetersaures Natron, wie bereits angeführt wurde. Ammoniak und Salpetersäure oder vielmehr salpetersaure Salze sind, soviel wir bis jetzt wissen, die einzigen Lieferanten des Stickstoffes für das Pflanzenreich. Das Ammoniak verwandelt sich bei Gegenwart starker Basen durch die Einwirkung des Sauerstoffes der Luft in Salpetersäure, die dann mit den Basen zu Salzen sich vereinigt. Auf diese Weise entstehen in Viehställen häufig Ausblühungen an den Mauern, die vornehmlich aus salpetersaurer Kalkerde bestehen. Als Düngungsmittel wird jedoch bloß der Chilisalpeter angewendet, so genannt, weil er auf der Grenze zwischen Peru und Chili sich in einem Lager von abwechselnder Mächtigkeit vorfindet. Das ausgegrabene Salz ist übrigens nicht reines, salpetersaures Natron, sondern kann 1—35 % fremde Salze, namentlich Kochsalz, schwefelsaures Natron, schwefelsaures und salpetersaures Kali 2c. einschließen. Es soll indessen schon einer Reinigung unterworfen werden, bevor es nach Europa versandt wird. Der wirksame Bestandtheil darin ist vor Allem der Stickstoff, wovon es im ganz reinen Zustand 16 %, im sehr verunreinigten dagegen bloß 10,5 % enthält. Es ist daher Sache des Landwirthes, den Chilisalpeter auf seinen wirklichen Gehalt an salpetersaurem Natron untersuchen zu lassen.

Die Urtheile über die Wirkung des vorliegenden Düngmittels sind verschieden. **Hartstein** hat nachgerechnet, daß nach den in England gemachten Erfahrungen der Mehrertrag, wenn die Juchart mit 74 ℔ Salpeter gedüngt wird — bei Weizen 2,2—3,07 Berliner Scheffel Körner und 3,3—5,3 Ctr. Stroh, bei Gerste 4 Scheffel Körner und 5 Ctr. Stroh, bei Hafer 5,2—6,6 Scheffel Körner und 7—10 Ctr. Stroh, bei Klee und Gräsern 8—12 Centner betrug. Nicht überall lauten die Berichte über die Wirkung des Chilisalpeters so günstig, was erklärbar ist, weil es in der Natur dieses Düngmittels liegt, nur unter gewissen Bedingungen zur vollen Wirkung gelangen zu können.

1) Der Chilisalpeter ist ein sehr leicht lösliches Salz; kommt er also bei regnerischem Wetter auf einen lockern Ackerboden, so löst er sich und die Lösung sickert durch die Ackerkrume. Ein Theil wird nun freilich von den obern Schichten zurückgehalten und gelangt in das Bereich der Wurzelfasern; der größere Theil wird aber, wenn die Pflanzen nicht tiefe Wurzeln gefaßt haben, unbenutzt verloren gehen müssen. Die Leichtlöslichkeit des Salzes bringt es ferner mit sich, daß den Pflanzen leicht auf einmal zu viel Nahrung geboten wird, die sie nicht assimiliren können.

2) Wie Kochsalz und die Ammoniaksalze wirkt der Chilisalpeter auch lösend auf viele an und für sich unlösliche Mineralstoffe im Boden. Es ist nun einmal Naturgesetz, daß der Pflanzenkörper nur dann sich allseitig ausbildet, wenn keine zu seiner Vegetation nöthigen Bedingungen, d. h. kein Nahrungsstoff fehlt. Daraus folgt, daß der Chilisalpeter nur dann durch seinen Stickstoffgehalt zur Wirkung gelangt, wenn es im Boden an Phosphorsäure und Alkalien nicht fehlt, die zugleich eintreten müssen und die er in lösliche Form überführt.

3) Am zweckmäßigsten und am sichersten einen Erfolg versprechend scheint es somit zu sein, wenn der Chilisalpeter auf einmal nicht in zu großer Menge, sondern in kleinern Portionen zur Düngung verwendet und dann noch mit andern Stoffen, z. B. Knochenmehl, gemischt aufs Land gebracht wird.

## Compost oder Mengendünger.

Eine erhöhte Düngerproduktion auf einem Gute ist möglich, wenn man alle düngenden Abfälle der eigenen Wirthschaft sorgfältig sammelt und daraus Compost bereitet. Der Compost ist ein Gemenge von Pflanzen=, Thier= und Mineralstoffen, die so lange aufgeschichtet werden, bis sie in Verwesung und anfangende Fäulniß übergegangen sind.

Zur Errichtung von Composthaufen benützt man:

1) Erde. Je lockerer dieselbe ist, um so besser; denn sie faßt den flüssigen Dünger besser auf und hält die sich entwickelnden Gase zurück. Gut ist es, zu diesem Behufe zusammenhängende, thonige Erde zuvor während dem Winter verwittern zu lassen.
2) Moder und Teichschlamm. Um Letztern möglichst trocken zu bekommen, läßt man im Winter das Wasser zuerst größtentheils abfließen; entfernt dann die sich darüber bildende Eisschicht und sticht hierauf mit Schaufeln ab.
3) Straßenkoth. Ist für die an Straßen gelegenen Höfe leicht zu erhalten und zur Compostbereitung werthvoll. Er besteht aus dem fein pulverisirten Gestein und aus thierischen und vegetabilischen Stoffen.
4) Bauschutt. Besonders Lehm von alten Hof= und Stallmauren. Der Lehm enthält mit dem Alter stets mehr im Wasser lösliche Bestandtheile. Durch Brennen desselben wird der gleiche Zweck erreicht; daher auch pulverisirte Ziegel zu gebrauchen sind.
5) Kehricht und sonstige derartige Abfälle.
6) Holzasche. Paßt gut, weil sie hier mit anderem Dünger innig gemischt wird.
7) Thierische Abfälle aller Art. Hieher gehören zunächst Abfälle beim Schlachten, die nicht zur Nahrung oder einem andern Zweck verwerthbar sind: Horn, Klauen, Borsten, Haare. (Werth und Behandlung der Knochen wurde schon früher angeführt.) Eingeweide und Blut gehen zwar rasch in stinkende Gährung über; sie sollen aber deßhalb nicht verloren gehen. Man vermischt das Blut sogleich und

die Eingeweide, nachdem sie zerhackt sind, mit lockerer Erde und bringt dieselben in die Mitte des Composthaufens. Wollene Lumpen, Filzstücke, Federn, altes Leder gehen schwer in Fäulniß über; dieselbe wird aber befördert, wenn man sie zuerst in etwas verdünnte Natronlauge bringt, darauf trocknen läßt und mit dem Composthaufen mischt.

8) Zerhacktes Kartoffelkraut.

9) Maikäfer.

10) Geflügeldünger. So werthvoll derselbe ist, so geht er doch bei vielen Wirthschaften noch verloren, weil man ihm wegen der geringen Menge keine Aufmerksamkeit schenken zu müssen glaubt. Er sollte aber im Gegentheil auf's sorgfältigste gesammelt und mit zum Aufbau des Composthaufens verwendet werden.

## Anlage der Composthaufen.

Die Wahl der Oertlichkeit ist natürlich von speziellen Umständen abhängig; allein am besten scheint die Anlegung in der Nähe des Hauses zu sein, an einem Orte, welcher dem Regen und dem Sonnenschein nicht zu sehr ausgesetzt ist. Man giebt dem Haufen die Gestalt eines Viereckes mit einer Erhöhung in der Mitte. Der Boden, worauf der Haufen steht, wird, wenn er es nicht schon von Natur ist, undurchlassend gemacht. Zweckmäßig ist es auch, um den Haufen herum einen kleinen Graben zu eröffnen, damit die Jauche, womit derselbe von Zeit zu Zeit begossen werden muß, beim Durchsickern nicht verloren geht. Werden auf einmal sehr viele Materialien verschiedener Natur aufgeschichtet, so kann bei der darauf entstehenden Gährung mehr oder weniger starke Erwärmung eintreten und man sticht dann den Haufen um, unter Zumischung von etwas Erde und Gyps. Auch abgesehen von der Erhitzung ist das Umwenden des Composthaufens, sowie das Uebergießen mit Jauche nothwendig, damit Gährung erfolgt und sich durch die ganze Masse gleichmäßig verbreiten kann. Nach 1—2 Jahren ist der Composthaufen fertig, um auf dem Lande als Dünger benutzt werden zu können.

## Creuzburgs Kraftdünger.

Der erst in neuester Zeit bekannt gewordene Kraftdünger von Creuzburg ist nichts anderes als ein auf eine neue Weise zubereitetes Knochenmehl. Im Kleinen ist die Präparation folgende:

Ein altes Faß wird bis zu 3/4 mit Knochenmehl angefüllt und hierauf mit Harn von Menschen oder Vieh angefeuchtet. Bald entsteht Gährung und ein starker Ammoniakgeruch macht sich bemerklich. Um Letzteres nicht weggehen zu lassen, füllt man das letzte Viertel des Fasses mit einem Gemisch von gleichen Theilen Erde, feuchtem Thon und Gypspulver. Nach 10—18 Tagen, je nach der äußeren Temperatur, ist der höchste Fäulnißgrad vorüber und man schüttet jetzt den Inhalt des Fasses auf eine Tenne aus, unter gleichzeitiger Zumischung von Erde und Gyps.

Dieser Dünger kann nun vor der Ausfuhr auf das Land noch weiter mit Erde, Asche oder Düngsalz gemischt werden.

Bei der Bereitung des Kraftdüngers im Großen wird das Knochenmehl auf den Boden eines leeren Stalles ausgebreitet, mit Urin begossen, durch einander gearbeitet und zuletzt auf einen Haufen zusammengeschaufelt. Nach Verfluß von 24 Stunden wird der Haufen wieder ausgebreitet, mit Urin begossen und das Knochenmehl abermals zusammen gehäuft. Nach etwa zwei Tagen tritt Gährung ein. Man überdeckt jetzt den Haufen mit einem Gemisch von Erde und Gyps, ähnlich wie bei einem Kohlenmeiler. In 8 — 14 Tagen ist der Dünger zum Ausbringen aufs Land zubereitet. Das so behandelte Knochenmehl hat eine überraschende Wirkung auf Wintersaat im April oder auf Sommersaat, wenn sie einige Zoll hoch aufgeschossen ist. Ebenso soll es 6 Jahre nach einander stets gute Kartoffelernten bewirken. Bei der Düngung der Kartoffeln wird das Mehl mit Ackererde gemischt und in jedes Loch eine Hand voll davon geworfen.

## Werthschätzung der käuflichen Düngmittel.

Manche Agriculturchemiker, wie z. B. Dr. Emil Wolff, berechnen den Preis eines Düngmittels bloß nach seinem Gehalt an Phosphorsäure und Stickstoff; andere dagegen ziehen auch die übrigen Bestandtheile in Betracht, wie Stöckhardt und Way. Es haben die Letztern für je 1 ℔ der nachfolgenden Stoffe folgende Werthanschläge gemacht:

| | Stöckhardt. | | Way. | | durchschnittlich [1]) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sgr. | Pf. | Sgr. | Pf. | Fr. | Cent. |
| Stickstoff noch in organischer Verbindung | 7 | — | 5 | — | — | 75 |
| Stickstoff in Form von Ammoniak und Salpetersäure | 9 | — | 6 | — | — | 94 |
| Organische Stoffe | — | ½ | — | ½ | — | ½ |
| Kali | 1 | 6 | 1 | 8 | — | 20 |
| Kalisalze | 1 | — | 1 | 1 | — | 13 |
| Natronsalze | — | 6 | — | 1 | — | 4 |
| Kalk (gebrannter) | — | ½ | — | 5/6 | — | 2/3 |
| Kohlensaurer Kalk oder kohlensaure Bittererde | — | ½ | — | 2/5 | — | ½ |
| Gyps | — | 1 | — | 1 | — | 1 |
| Phosphorsaurer Kalk | — | 6 | — | 10 | — | 8 |
| Phosphorsäure | 1 | — | 1 | — | — | 12½ |

Nach Emil Wolff kann der Landwirth für 100 ℔ der nachfolgenden Düngmittel bezahlen:

| | Thlr. | Sgr. | Fr. | Rp. |
|---|---|---|---|---|
| Peru-Guano | 4 | 10 | 16 | 25 |
| Pulver von frischen Knochen | 1 | 24 | 6 | 75 |
| Knochen mit Schwefelsäure aufgeschlossen (20 %) | 2 | 4 | 8 | — |
| Pulver von gedämpften Knochen | 2 | 9 | 8 | 63 |
| Rapskuchenmehl | 1 | 5 | 4 | 37 |
| Chilisalpeter | 4 | 15 | 16 | 87 |

[1]) Reductionsverhältniß 1 Thaler = 3 Fr. 75 Rp. = 30 Silbergroschen. 1 Silbergroschen = 12,5 Centimes.

| | Thlr. | Sgr. | Fr. | Rp. |
|---|---|---|---|---|
| Schwefelsaures Ammoniak . . . | 5 | 20 | 21 | 25 |
| Salmiak . . . . . . . . . . . | 7 | — | 26 | 25 |
| Knochenasche . . . . . . . . | 1 | 10 | 5 | — |
| Knochenkohle . . . . . . . . | 1 | 15 | 5 | 62 |

Er schlägt dabei das ℔ Stickstoff im Peru-Guano zu 8 Sgr. und das ℔ Phosphorsäure zu 2 Sgr. an; dagegen giebt er dem fester gebundenen Stickstoff in den Knochen bloß den Werth von 6 und der darin enthaltenen Phosphorsäure von 1 Sgr. per ℔.

---

# Die kosmischen Bedingungen des Pflanzenlebens.

## Licht, Wärme und Electricität.

Die Nothwendigkeit des Lichtes beim Wachsthum der Pflanzen geht schon aus der allgemein bekannten Erscheinung hervor, daß sich dieselben dem Lichte zuwenden; aufs deutlichste springt aber die Wirkung des Lichtes durch die Thatsache in die Augen, daß nur bei Gegenwart desselben die Pflanze die Kohlensäure zu zerlegen vermag, sich den Kohlenstoff aneignet und den Sauerstoff wieder der Atmosphäre zurück giebt. Zwar treibt die Kartoffel im dunkeln Keller ihre Keime; allein dieß geschieht nicht auf Kosten der Nahrungsmittel im Boden und in der Luft, sondern der Keim entwickelt sich hier, indem er die in der Kartoffel selbst enthaltene Nahrung aufzehrt. Wie die Assimilation (Aneignung) des Kohlenstoffes, so ist auch diejenige der übrigen Elemente ohne Zweifel von der Gegenwart des Lichtes abhängig. In regnerischen Sommern, wo der Himmel die meiste Zeit mit Wolken überdeckt ist, findet daher auch nur eine beschränkte Bildung der Zellen, des Stärkemehls, Zuckers, Eiweißes und der Oele statt; die Pflanzen werden nicht so schmackhaft, wohlriechend und nährend. Die grünen Blätter der Pflanzen erleiden

im Dunkeln eine Entfärbung; das Licht ist also auch nothwendig zur Bildung des Blattgrüns.

Wie des Lichtes, so bedarf der Vollzug des chemischen Prozesses im Pflanzenreich auch der Wärme. Als Wärmequellen treten auf: die Sonne und der Humus, indem er allmälig durch den Sauerstoff der Luft verbrennt; ja die Pflanze selbst entwickelt Wärme in der Periode des Blühens und Keimens, wie mit Sicherheit beobachtet worden ist. In Bezug auf das Vermögen, Wärme und Kälte auszuhalten, zeigen sich die Gewächse zwar verschieden; allein die Temperatur, innerhalb welcher ihre Vegetation verläuft, bleibt eine beschränkte. Die Rebe giebt süße Trauben und einen guten Wein, wenn der Sommer warm ist, und daraus folgt die Abhängigkeit der Zuckerbildung und der übrigen Stoffe in den Beeren von der Wärme und der Gegenwart des Lichtes.

Indem die Sonnenstrahlen, von oben kommend, die Luft durchsetzen, werden die Lufttheilchen nur wenig erwärmt; wir spüren die Wärme eigentlich erst dadurch, daß die Sonnenstrahlen auf die Erde treffen, hier theils aufgenommen, theils zurückgeworfen werden und nun auch die umgebende Lufthülle erhitzen.

Der Boden nimmt so eine Eigenwärme an, die je nach der Erdart die Temperatur der umgebenden Luftschicht mehr oder weniger übersteigt. Wir verdanken Schübler über Erwärmung und Erkältung der verschiedenen Erdarten interessante Beobachtungen.

Er fand, daß bei einer Temperatur der Luft von 25 ° C. sich erwärmten:

| | Feuchter Boden. | Trockener Boden. |
|---|---|---|
| Quarzsand von graugelber Farbe | 37,25 | 44,75 ° C. |
| Kalksand von weißgrauer Farbe | 37,38 | 44,50 |
| Feiner Gyps von hellgrauer Farbe | 36,25 | 43,62 |
| Magerer Thon von gelblicher Farbe | 36,75 | 44,12 |
| Fetter Thon | 37,25 | 44,50 |
| Thonboden von graugelber Farbe | 37,38 | 44,62 |
| Feine Kalkerde von weißer Farbe | 35,63 | 43,00 |
| Humus von schwarzgrauer Farbe | 39,75 | 47,37 |

| | Feuchter Boden. | Trockener Boden. |
|---|---|---|
| Gartenerde von schwarzgrauer Farbe | 37,50 | 45,25 ° C. |
| Reiner Thon von bläulicher Farbe | 37,50 | 45,00 |
| Ackererde von Hofwyl, grau | 36,88 | 44,25 |
| Ackererde vom Jura, grau | 36,80 | 48,73 |

Wie zu erwarten, geben die angeführten Erdarten die aufgenommene Wärme nicht gleich rasch wieder ab; am schnellsten Kalk- und Quarzsand, Erde vom Jura und magerer Thon; am langsamsten dagegen Humus, Gartenerde und fein zertheilter Kalk. Diese Beobachtungen haben aus dem Grunde für den Landwirth Bedeutung, weil sie ihm Anhaltspunkte für die Herstellung einer in Bezug auf Wärme günstigen Bodenmischung geben.

Durch direkte Versuche will man gefunden haben, daß Electricität das Keimen und das Wachsthum überhaupt befördere; im Sommer haben Gewitter einen sehr günstigen Einfluß auf die Vegetation und wenn man auch auf die Versuche noch nicht großes Gewicht legen kann und bei Gewittern auch dem Regen seinen Antheil zuschreibt, so ist doch gewiß unzweifelhaft, daß die Electricität bei der Bildung des Pflanzenkörpers ihre bestimmte und vielleicht sehr große Bedeutung besitzt. Wenn endlich die Beobachtung richtig ist, daß gelbe Blätter im Dunkeln gezogener Rosen durch den Einfluß der Electricität grün werden, — eine Wirkung, die derjenigen des Lichtes gleich kömmt, — so ist es ein neuer Beweis für die innige, wenn auch noch geheimnißvolle Beziehung, welche zwischen Licht, Electricität und Wärme herrscht.

## Schlußfolgerungen.

Nur in sehr beschränktem Maße steht es dem Landwirth zu Gebote, die kosmischen Bedingungen des Landbaues zu befördern; dagegen stellen wir zum Schluß der Düngerlehre folgende Sätze auf, die ihn beim Betrieb des Ackerbaues leiten müssen:

1) Wenn nicht eine ganz genaue, so doch wenigstens eine annähernde Kenntniß der Zusammensetzung des Bodens, der bebaut wird, ist nothwendig. Diese Kenntniß giebt dem Landwirth einen Anhaltspunkt für die Verbesserung durch Zufuhr von

Mineralstoffen. Ein Moorboden wird durch Entwässerung und Kalk, ein reiner Sandboden durch Vermischen mit Kalk und Thon, ein strenger Thonboden durch Kalk und strohigen Dünger, ein Kalkboden durch Zubringen von Lett in seiner Ertragsfähigkeit gesteigert.

2) Der Landwirth muß das größte Augenmerk darauf halten, daß auf seinem Gute nicht das „Raubsystem" herrscht, wie sich Liebig ausdrückt. Er darf nie vergessen, daß durch jede Ernte der Ackererde ein bestimmtes Quantum der wichtigsten Mineralstoffe entzogen wird und daß diese wieder vollständig ersetzt werden müssen, wenn das Land nicht nach und nach in Bezug auf Ertragsfähigkeit abnehmen soll.

3) Der Wiederersatz geschieht durch die Düngung, und als Universaldüngmittel stehen die flüssigen und festen Excremente der Menschen und Thiere da; andere Düngmittel, wie Knochenmehl, Kalk, Ammoniaksalze, Chilisalpeter, selbst Guano wirken nur einseitig und befriedigen nicht alle Bedürfnisse einer Pflanze. Aus Allem folgt, daß der Landwirth allen auf seinem Gute producirten Dünger sorgfältig zusammenhalten und ohne Verlust aufzubewahren suchen muß. Er sucht aber auch soviel möglich den Dünger der Städte, wo die Produkte des Landes verzehrt werden, wieder zurück zu erhalten. In dieser Beziehung steht Japan obenan. (Bericht des Dr. Maron an den Minister der landwirthschaftlichen Angelegenheiten in Berlin.)

Der japanesische Bauer, welcher Feldfrüchte nach der Stadt führt, kömmt mit Dünger beladen, wieder nach Hause. Es ist der Grundsatz, daß dem Boden nach jeder Ernte wieder vollständig ersetzt werden müsse, was ihm durch dieselbe entzogen wurde, in Fleisch und Blut des Japanesen übergegangen. Der Japanese zieht keine Pflanze, ohne sie zu düngen. Er hält kein Vieh, mit Ausnahme von Lastpferden, weil ihm die Religion Fleisch und thierische Nahrungsmittel überhaupt verbietet; somit gehen alle Feldfrüchte durch den menschlichen Körper und der Menschendünger wird von ihm mit der größten Sorgfalt gesammelt und verwendet. Daraus ist es allein erklärlich, wie dort die Ertragsfähigkeit des Bodens seit Jahrtausenden sich hat erhalten und eher noch zu- als abnehmen können. Ein ganz

anderes Bild bieten dagegen viele Gegenden in den Staaten der nordamerikanischen Union dar. Es ist durch statistische Notizen constatirt, daß durch das Raubsystem der ersten Einwanderer die Ertragsfähigkeit der Erde für Getreidearten um $1/3$ und theilweise um die Hälfte sich vermindert hat.

4) Wo einseitig wirkende Düngmittel zur Verwendung gelangen, wird man daraus nicht den vollen Nutzen ziehen. Man kann einem Boden sehr viel Knochenmehl geben; wenn aber darin die Alkalien, die lösliche Kieselsäure ꝛc. fehlen, so darf der Landwirth nicht erwarten, daß der Ertrag an Korn dem zugeführten Knochenmehl entsprechen werde; denn das Korn bedarf zu seinem Gedeihen des Alkalis und der Kieselsäure ebenso gut als der phosphorsauren Kalkerde. Salpetersaure Salze und Ammoniakverbindungen werden sich nicht verwerthen, wenn es der Ackerkrume an den nöthigen Mineralbestandtheilen fehlt. Darum die Regel: Nimm auf einmal nur eine mäßige Menge eines einseitigen Düngmittels und vermenge es mit andern, damit allen Bedürfnissen der Pflanze entsprochen werde.

Also auch beim Düngen, dieser einfachen Operation, muß der Landwirth denken. Er muß eine klare Einsicht in das Leben und die Bedürfnisse der Gewächse haben und darnach handeln. Dadurch erhebt sich der Ackerbau nicht bloß zu einer lohnenden, sondern auch zu einer der schönsten, geistig anregenden Beschäftigungen des Menschen.

# Anleitung

## zur Untersuchung von Ackererde, Pflanzenaschen, Guano, Knochenmehl und Milch.

### Untersuchung von Ackererde.

Die Ackererde stellt in der Regel ein Gemisch von sehr vielen Substanzen dar. Es können darin enthalten sein: Thonerde, Kalk- und Talkerde, Mangan- und Eisenoxyd, Kali, Natron- Ammoniak, Kieselsäure, Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Salpetersäure, Chlor, dann die Ueberreste von Pflanzen und ihre Verwesungsprodukte oder die Humuskörper.

Die genannten Stoffe sind in Form von Salzen oder salzartigen Verbindungen im Ackerboden vorhanden und theils im Wasser, theils in verdünnter Salzsäure löslich, theils in Wasser und Salzsäure unlösbar.

Um ein wahres Bild von der durchschnittlichen Zusammensetzung eines Bodens zu bekommen, gräbt man an verschiedenen Stellen des Ackers etwa 1 Cubikfuß Erde heraus, mengt mit einer Schaufel die verschiedenen Portionen durch einander, läßt sie an einem passenden Orte lufttrocken werden, zerreibt sie, söndert die groben Theile aus, wobei man sich eines Siebes bedienen kann und schreitet nun zur Bestimmung der einzelnen Bestandtheile.

#### 1. Bestimmung des Wassergehaltes.

Fünf bis zehn Gramm Ackererde werden im Wasserbade so lange einer Temperatur von 100 ° ausgesetzt, bis sie nicht mehr an Gewicht abnehmen. Der Gewichtsverlust giebt die Menge des in der Erde enthaltenen hygroscopischen Wassers an; um

auch das im Thon oder Gyps ꝛc. chemisch gebundene Wasser zu bestimmen, müßte man die Erde einer Temperatur von 200 bis 300 ° aussetzen, wobei freilich auch Ammoniak entweichen kann.

## 2. Bestimmung der organischen Materie.

Man wiegt von der getrockneten Erde etwa 6 Gramm ab und glüht sie so lange in einem offenen Platintigel, bis alle organische Materie zerstört ist. Der Rückstand wird, weil beim Glühen leicht etwas Kohlensäure aus den kohlensauren Verbindungen entweichen kann, mit einer Lösung von kohlensaurem Ammoniak befeuchtet, hierauf wieder bis zum schwachen Glühen erhitzt und nach dem Erkalten gewogen. Aus der Abnahme des Gewichtes berechnet sich die Menge der organischen Substanzen.

Die organischen und flüchtigen Stoffe können nun noch einer nähern Untersuchung unterworfen werden; indem man die Menge der darin enthaltenen Humussäuren und des Stickstoffes ermittelt, welch Letzterer theils in Form von Ammoniak, theils noch in engerer Verbindung mit Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in den Humuskörpern enthalten ist.

a) Bestimmung der Humussäuren. Dieselben geben sich dadurch zu erkennen, daß die Ackererde mit Wasser befeuchtetes Lackmuspapier röthet. Zur quantitativen Bestimmung wird ein bestimmtes Quantum Erde mit verdünnter Kali- oder Natronlauge gekocht, die Lösung abfiltrirt, aus dem Filtrat die Säuren durch Salzsäure gefällt. Man bringt den Niederschlag auf ein gewogenes Filtrum, trocknet bei 100 ° und wägt.

b) Bestimmung des Stickstoffes. Handelt es sich bloß um die Bestimmung des Stickstoffes, der in Gestalt von Ammoniak in der organischen Materie enthalten ist, so bringt man 1000 Gramm Ackererde in eine Retorte, setzt Natronlauge oder verdünnte Kalkmilch zu, erhitzt und fängt das Destillat in eine Vorlage auf, worin sich Salzsäure befindet. Soll dagegen der ganze Stickstoffgehalt der Ackererde bestimmt werden, so erhitzt man circa 10 — 15 Gramm Erde mit Natronkalk und verfährt im Uebrigen auf die Weise, wie es unten bei der

Untersuchung des Guano auseinander gesetzt ist. Salpetersäure ist gewöhnlich nur qualitativ nachweisbar.

### 3. Wasserauszug.

Nachdem die Humusbestandtheile und ihre Menge gegenüber den Mineralstoffen ausgemittelt ist, kann man die Erde mit Wasser ausziehen, wozu 2 ℔ verwendet werden müssen. In dem Wasserauszug können sein: Schwefelsäure, Chlor, Kieselsäure, Kalk, Talkerde, Eisen- und Manganoxydul, Kali, Natron und möglicherweise auch Spuren von Phosphorsäure. Indessen enthält das Wasserextrakt nur einen geringen Theil der genannten Stoffe (mit Ausnahme des Chlors und der Schwefelsäure), die überhaupt in dem Boden enthalten sind und die spezielle Zerlegung hat nur dann Werth, wenn man darüber Aufschluß haben will, wie viel die gegebene Ackererde gerade für den Eintritt in die Pflanze präparirte Stoffe hat. Der wässerige Auszug dient

a) zur Bestimmung des Chlors, indem man zur Lösung zuerst etwas Salpetersäure und dann eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd zusetzt, den entstandenen Niederschlag von Chlorsilber abfiltrirt, auswäscht, trocknet und glüht;

b) zur Bestimmung der Schwefelsäure. Zu der von Chlorsilberniederschlag abfiltrirten Flüssigkeit wird Salzsäure gesetzt, dadurch das überschüssige Silber ausgefällt, abfiltrirt und das Filtrat mit einer Lösung von Chlorbarium versetzt. Der Niederschlag von schwefelsaurer Baryterde wird eine Zeit lang an einem warmen Orte stehen gelassen, bis er sich gesenkt hat, und dann erst aufs Filter gebracht.

### 4. Salzsäure-Auszug.

Ist eine Ackererde reich an organischen Stoffen, so darf sie nicht sogleich mit Salzsäure behandelt werden, sondern man bringt eine abgewogene lufttrockene Menge circa 20—25 Gramm in eine Porzellanschale oder in einen Platintigel und glüht, bis die Humussubstanzen zerstört sind. Der Rückstand wird dann mit verdünnter Salzsäure übergossen und erwärmt, hierauf

abfiltrirt und der ungelöste Theil ausgewaschen. Das Filtrat wird benützt:

a) zur Bestimmung der Kieselsäure. Man dampft es bis zur Trockniß ab, wobei die Kieselsäure aus dem löslichen in den unlöslichen Zustand übergeht. Nach dem Erkalten wird Wasser und etwas Salzsäure zugesetzt, wobei die andern Bestandtheile sich lösen, die Kieselsäure dagegen wird filtrirt, getrocknet und geglüht.

b) Zur Bestimmung der Thonerde und des Eisenoxydes. Dieselben scheiden sich durch Zusatz von überschüssigem Ammoniak aus der von der Kieselsäure abfiltrirten Flüssigkeit aus. Auch Spuren von Phosphorsäure können im Niederschlag enthalten sein. Vor dem Zusatz von Ammoniak ist es zweckmäßig, ein wenig Salpetersäure in die Lösung zu gießen und zu erwärmen, damit das Eisenchlorür in Eisenchlorid übergeht. Das Gemisch von Eisenoxyd und Thonerde wird auf dem Filtrum gesammelt und ausgewaschen, bis das Waschwasser keine Reaction mehr besitzt. Zur Trennung der beiden Oxydalkalische tröpfelt man auf den noch im Filtrum befindlichen Niederschlag etwas Salzsäure und wäscht mit Wasser nach. Die Auflösung der Oxyde in Salzsäure wird hierauf mit überschüssigem Aetzkali versetzt und erwärmt, die Thonerde löst sich dabei auf, während Eisenoxyd ungelöst bleibt und abfiltrirt, gut ausgewaschen, getrocknet, geglüht und gewogen wird. Aus der alkalischen Lösung scheidet man die Thonerde durch Zusatz von Salmiaklösung und Kochen wieder heraus und bestimmt nach dem Auswaschen und Glühen ihr Gewicht.

c) Zur Bestimmung der Kalkerde. Zu der vom Ammoniak-Niederschlag abgelaufenen Flüssigkeit setzt man oxalsaures Kali. Die Kalkerde wird dadurch als oxalsaure Kalkerde gefällt; der entstandene Niederschlag darf jedoch nicht sogleich abfiltrirt werden, sondern erst nach zwölfstündigem Stehen auf einem Ofen oder an einem andern warmen Orte. Nach dem Filtriren wird der oxalsaure Kalk getrocknet und in einem Platintigel geglüht; er geht dabei unter Entweichen von Kohlenoxydgas in kohlensaure Kalkerde über. Beim Glühen kann die Hitze so stark sein, daß ein Theil der Kohlensäure weggeht; um

den dadurch entstehenden Fehler zu vermeiden, übergießt man nach dem Wägen die kohlensaure Kalkerde nochmals mit einigen Tropfen einer concentrirten Lösung von kohlensaurem Ammoniak und glüht wieder, aber langsam und schwach. Aus dem Gewichte ergiebt sich die Menge des in der Ackererde enthaltenen Kalkes.

d) Zur Bestimmung der Bittererde. Die von der oxalsauren Kalkerde abfiltrirte Flüssigkeit wird zuerst mit etwas Aetzammoniak und dann mit einer Lösung von phosphorsaurem Natron versetzt, worauf die Bittererde als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia sich ausscheidet. Die vollständige Ausscheidung bedarf jedoch einige Zeit; daher läßt man den Niederschlag wiederum etwa einen halben Tag an einem erwärmten Orte stehen und filtrirt erst jetzt ab, wäscht aus, trocknet und glüht. Beim Glühen geht das Ammoniak weg und der Rückstand hat die Zusammensetzung $(MgO)^2, PO_5$, aus dessen Gewicht die Menge der Talkerde berechnet werden muß.

### 5. Bestimmung der Alkalien und der Phosphorsäure.

Während 20—30 Gramm der zu untersuchenden Erde genügen, um den Gehalt an Eisenoxyd, Kalk- und Bittererde &c. zu bestimmen, reicht diese Menge zu einer genaueren Bestimmung der Alkalien und der Phosphorsäure nicht aus. Phosphorsäure und Alkalien sind aber für die Vegetation zu wichtig, als daß man sich mit der bloßen qualitativen Nachweisung derselben begnügen könnte. Eine Methode, ihre Quantität zu bestimmen, ist folgende:

Man bringt in einen geräumigen Glaskolben 2 bis 300 Gramme Ackererde, spült mit Wasser nach, so daß alles auf den Boden kömmt, setzt 4 bis 600 Gramm concentrirte Schwefelsäure zu und erhitzt die Mischung so lange, bis die überschüssige Schwefelsäure verdampft und der Inhalt des Kolbens trocken geworden ist. Nach dem Erkalten gießt man auf den Rückstand Wasser, dann Salzsäure und ein wenig Salpetersäure und filtrirt. Zum Filtrat wird Ammoniak im Ueberschuß gesetzt; der Niederschlag abfiltrirt, ausgewaschen, in ein Becherglas gespült, mit Ammoniak übergossen und längere Zeit Schwefelwasserstoff

eingeleitet. Nach mehrstündigem Stehen, wornach Schwefelammonium noch vorhanden sein muß, unterwirft man den Niederschlag der Filtration und wäscht denselben mit schwefelwasserstoffhaltigem Wasser aus. Aus dem Filtrat fällt man nun die Phosphorsäure mit einem voraus bereiteten klaren Gemisch von schwefelsaurer Magnesia, Chloramonium und Ammoniak als phosphorsaure Ammoniak-Talkerde aus, die nach dem Filtriren, Auswaschen mit ammoniakhaltigem Wasser, Trocknen und Glühen, wie bei d $(MgO)^2,PO_5$ hinterläßt; aus deren Gewicht ist dagegen jetzt die Phosphorsäure zu bestimmen.

Zur Auffindung des Gewichtes der Alkalien dampft man die vom Ammoniak-Niederschlag abgelaufene Flüssigkeit beinahe bis zur Trockniß ab, versetzt sie mit Barytwasser und kocht so lange, bis der Geruch nach Ammoniak ganz verschwunden ist. Stets muß Barytwasser im Ueberschuß vorhanden sein. Es wird jetzt filtrirt und aus dem Filtrat der Baryt mit einer Lösung von kohlensaurem Ammoniak ausgeschieden und abermals filtrirt; das Filtrat bis zur schwachsauren Reaction mit Salzsäure versetzt, bis zur Trockniß verdunstet und geglüht. Der Rückstand besteht aus Chlorkalium und Chlornatrium, deren Gesammtgewicht man bestimmt und dann durch Zusatz von einem Tropfen Salzsäure und einer Lösung von Platinchlorid in Alkohol das Kalium als $KCl + PtCl_2$ fällt. Der Niederschlag wird auf ein bei 100° getrocknetes und gewogenes Filtrum gebracht, mit absolutem Alkohol ausgewaschen, bei 100° getrocknet, abgewogen und das Gewicht des Filtrums abgezogen. 100 Gewichtstheile von $KCl + PtCl_2$ enthalten 19,314 Kali. Natron ergibt sich aus dem Verlust.

## 6. Bestimmung der Kohlensäure.

Sie ist leicht auf folgende Weise zu bewerkstelligen. Man bringt eine abgewogene Menge, etwa 10 Gramm, der Ackererde in eine Digerirflasche, die nicht zu groß und nicht zu schwer sein darf, jedoch eine etwas weite Oeffnung haben muß. Auf die Ackererde wird zunächst etwas Wasser gegossen und dann vermittelst einer Pincette ein Gläschen schief hineingestellt, das Salpetersäure enthält. In die Oeffnung der Flasche kömmt ein

doppelt durchbohrter Kork, in das eine Loch desselben steckt man ein Rohr mit Chlorcalcium; in das andere eine gebogene Glasröhre, so daß der eine Schenkel etwas über dem Wasser steht. Der ganze Apparat wird genau abgewogen; nach der Wägung das Glasrohr am besten mit etwas erwärmtem Wachs verstopft und nun der Apparat geneigt, damit etwas Säure ausfließt. Die Zersetzung der kohlensauren Salze beginnt sogleich; die Kohlensäure entweicht durch das Chlorcalciumrohr, während das mitgerissene Wasser zurückgehalten wird. Hat das Entweichen der Kohlensäure aufgehört, so neigt man den Apparat aufs Neue und fährt mit Unterbrechung so lange fort, bis alle Kohlensäure ausgetrieben ist. Ist dieser Moment eingetreten, so muß noch die im Apparat befindliche Kohlensäure herausgebracht werden, was dadurch geschieht, daß man den Wachspfropfen entfernt und durch das Rohr Luft einsaugt. Der Apparat wird jetzt wieder gewogen; die Gewichtsabnahme zeigt die Menge Kohlensäure, welche die zum Versuch angewandte Ackererde enthielt.

## 7. Der in Wasser und Salzsäure unlösliche Rückstand.

Er kann aus Sand, Thon, Feldspath oder Trümmern anderer Mineralstoffe bestehen. Da nun durch die Behandlung mit Schwefelsäure (Nr. 9) zur Bestimmung der Alkalien und der Phosphorsäure eigentlich nur der kalihaltige Thon zerlegt wurde, so muß man, wenn der ganze Kaligehalt bestimmt werden soll, auch die andern Silicate, falls sie vorhanden sind, aufschließen. In diesem Fall dürfte die Bestimmung der Alkalien nach der Erhitzung mit Schwefelsäure unterbleiben, indem man den Alkaligehalt des Salzsäure-Auszuges und dann den des Rückstandes für sich bestimmte und addirte. Der Alkaligehalt des Salzsäure-Auszuges ergiebt sich dadurch, daß man bis zur Trockniß abdampft, mit Wasser versetzt, die Kieselsäure abfiltrirt, mit überschüssigem Barytwasser versetzt, erwärmt, filtrirt und zum Filtrat kohlensaures Ammoniak setzt, den entstandenen Niederschlag wieder filtrirt, das Filtrat unter Zusatz von Salzsäure bis zur Trockniß verdunstet und glüht, wobei die Alkalien

als Chlorverbindungen zurückbleiben und getrennt werden, wie oben Nr. 9 beschrieben wurde.

Um die Alkalien, die Thonerde und die Kieselsäure, in dem in Salzsäure unlöslichen Theil des Bodens zu trennen, werden etwa 5—10 Gramm desselben gut getrocknet und fein zerrieben, mit der vierfachen Menge kohlensauren Barytes innig gemengt und in einen Platintigel gebracht. Diesen Letzteren stellt man in einen Thontigel, setzt den Deckel des Thontigels auf und glüht in einem gut ziehenden Ofen wenigstens eine halbe Stunde lang aufs heftigste. Der Inhalt des Platintigels wird nach dem Glühen in eine Pocellanschaale entleert, mit Wasser übergossen und langsam Salzsäure zugesetzt, bis kein Aufbrausen mehr entsteht. Die bis zur Trockniß abgedampfte, mit viel Wasser und etwas Salzsäure versetzte Masse läßt Kieselsäure unlöslich zurück, die abfiltrirt, ausgewaschen und gewogen wird. Die Lösung enthält: Chloraluminium, Chlorkalium (möglicherweise auch Chlornatrium) und Chlorbarium.

Letzteres wird zuerst mit verdünnter Schwefelsäure ausgeschieden, nach dem Absetzen des Niederschlages der schwefelsaure Baryt abfiltrirt und gut ausgewaschen. Aus dem Filtrat fällt man die Thonerde mit Ammoniak; sie wird abfiltrirt, ausgewaschen; getrocknet, geglüht und gewogen. Die von der Thonerde abgelaufene Flüssigkeit verdunstet man bis zur Tröckne, bringt sie hierauf in einen Platintigel und glüht vorsichtig, bis keine Dämpfe mehr entweichen. Der Rückstand besteht aus schwefelsauren Kali und möglicherweise schwefelsaurem Natron; er wird in Wasser gelöst, mit essigsaurem Baryt versetzt, der Niederschlag abfiltrirt, das Filtrat zur Trockniß verdunstet und geglüht, Beim Behandeln mit Wasser bleibt der kohlensaure Baryt ungelöst und wird abfiltrirt. Hierauf verwandelt man die kohlensauren Salze des Kali und Natrons durch Zusatz von Chlorwasserstoffsäure in Chlorverbindungen und trennt mit Platinchlorid (siehe oben Nr. 9).

Die Resultate der Analyse werden nach folgendem Schema zusammengestellt:

Feuchtigkeit . . . . . . . . . . . . . %

Organische Materie und flüchtige Stoffe . . . % { darin Humussäuren . . :
Stickstoff im Ammoniak:
Sickstoff in engerer Bindung . . . . . . . :

In Wasser und Salzsäure lösliche Stoffe:

Kalkerde
Bittererde
Thonerde
Eisenoxyd
Kali
Natron
Phosphorsäure
Schwefelsäure
Chlor
Kohlensäure
Kieselsäure.

In Wasser und Salzsäure unlösliche Bestandtheile, durch kohlensauren Baryt aufgeschlossen:

Sand
Thonerde
Alkalien.

---

## Prüfung der Ackererden von Seiten des Landwirthes.

Die Untersuchung der Ackererde vom Landwirth selbst, der keine oder nur oberflächliche chemische Kenntnisse besitzt, kann nur eine qualitative und bloß auf einige Bestandtheile sich beziehende sein. Er hat dazu einige Stoffe aus der Apotheke nothwendig, nämlich: 1) Salzsäure, 2) Salpetersäure, 3) Aetz-

ammoniakflüssigkeit, 4) Chlorbariumlösung, 5) Kleesäure oder kleesaures Kali, 6) blaues Lackmuspapier, 7) einen Glastrichter mit Filtrirpapier.

1) Wird ein befeuchteter Streifen Lackmuspapier bei der Berührung mit der Erde nach einiger Zeit geröthet, so deutet dieß auf die Gegenwart von Humussäuren oder auf sauren Boden.

2) Braust die Erde durch Zusatz von Salzsäure stark auf, so enthält sie viel kohlensauren Kalk.

3) Entsteht beim Zusatz von Salzsäure kein oder nur ein geringes Aufbrausen, was auf einen starken Thon- oder Sandboden deutet, so kann gleichwohl Kalk, aber in Form von Gyps vorhanden sein. Um sich von der Gegenwart des Letztern zu überzeugen, wird ein Theil Ackererde mit ziemlich viel Wasser und etwas Salzsäure übergossen und nach einiger Zeit auf einem papierenen Filter abfiltrirt. Zum Filtrat wird noch etwas Salzsäure gesetzt, so lange noch ein Aufbrausen stattfindet und hierauf die Flüssigkeit in zwei Theile getheilt. Bildet sich in dem einen Theil auf Zusatz von Chlorbariumlösung, im andern auf Zusatz von Aetzammoniak und Kleesäure ein weißer Niederschlag, so ist die Anwesenheit von Schwefelsäure und Kalk dargethan. Hat man zu gleicher Zeit auch ein Aufbrausen beobachtet, was fast immer der Fall ist, so enthält die Ackererde neben kohlensaurem Kalk auch Gyps.

4) Die Gegenwart größerer Mengen von Sand werden besonders dadurch dem Auge erkenntlich, daß man etwas Erde glüht, um den Humus zu zerstören und den Rückstand mit Salzsäure auszieht.

5) Der Salzsäureauszug in Nr. 4 kann auch benutzt werden, um Eisen nachzuweisen, indem man denselben mit Salpetersäure versetzt, etwas erwärmt und dann Aetzammoniakflüssigkeit im Ueberschuß hinzubringt, worauf ein rostbrauner, flockiger Niederschlag entstehen muß.

## Untersuchung von Pflanzenaschen.

Die gewöhnlichen Bestandtheile der Asche der Pflanzen sind: Kali, Natron, Kalk, Bittererde, Eisenoxyd, Kieselsäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kohlensäure und Chlor. Außerdem hat man noch darin gefunden: Thonerde, Jod, Brom, Fluor, Kupferoxyd und Titansäure. Die Thonerde ist wesentlicher Bestandtheil der Lycopodiaceen; die andern Stoffe scheinen dagegen nicht wesentlich zu sein und sind nur in größeren Mengen Asche als Spuren nachweisbar. Die Kohlensäure bildet sich in der Regel erst bei der Einäscherung und könnte deßhalb auch bei Aufführung der Resultate der Analyse unberücksichtiget bleiben.

Darstellung der Asche: Es ist selbstverständlich, daß die Pflanzen oder Pflanzentheile (Samen, Blätter, Stengel 2c.) bevor sie der Einäscherung unterworfen werden, zuerst von allenfalls anhängenden Unreinigkeiten befreit werden müssen. Das Material wird dann zerkleinert, bei 100 ° getrocknet und gewogen. (80 — 100 Gramm sind dazu genügend.) Es kommt hierauf in einen gut gereinigten hessischen Tigel und wird so lange erhitzt, bis Verkohlung eingetreten ist; beim weitern Erhitzen, wie es die vollständige Verbrennung der organischen Substanz erfordert, kann sich leicht ein Theil der Chlorverbindungen der Alkalien verflüchtigen, wodurch die Analyse ungenau würde. Aus diesem Grunde nimmt man die verkohlte Masse heraus, schüttet sie in ein Becherglas, übergießt mit Wasser und läßt sie eine Zeit lang stehen, damit, falls sich aus den schwefelsauren Salzen bei der Berührung mit der glühenden Kohle Schwefelmetalle gebildet hätten, diese wieder in schwefelsaure Verbindungen übergehen. Hierauf wird abfiltrirt und das Kohlenpulver wenigstens 10 Mal mit heißem Wasser ausgewaschen, wodurch die Alkalien fast immer vollständig ausgezogen werden; den Rückstand auf dem Filtrum dagegen bringt man noch feucht in einen Platintigel und erhitzt gelinde bei Zutritt der Luft, bis er weiß geworden ist. Man vereinigt dann damit die durch Abdampfen des wässerigen Auszuges erhaltene Masse, glüht abermals gelinde und wiegt. Aus dem

Gewichte ergiebt sich dann die Gesammtmenge der Asche, die in der bei 100 ° getrockneten Substanz enthalten sind.

Bei der Bestimmung der Gewichtsmenge der einzelnen Aschenbestandtheile kann man nach Städeler unterscheiden:

## A. Analyse von Samenaschen,

worin sich mehr Phosphorsäure befindet, als nothwendig ist, um mit den Oxyden der Metalle und alkalischen Erden Salze zu bilden.

### 1. Bestimmung der Kohlensäure.

Wird auf ganz dieselbe Weise in einer Flasche durch Zusammenbringen von Salpetersäure mit einer abgewogenen Menge Asche vorgenommen, wie oben bei der Untersuchung der Ackererde Nr. 6 beschrieben worden ist.

### 2. Bestimmung der Kieselsäure (Sand und Kohle?)

Der Inhalt der Flasche wird nach der Wägung mit viel Wasser vermischt und der in Salpetersäure unlösliche Rückstand auf einem bei 100 ° getrockneten und gewogenen Filtrum abfiltrirt, ausgewaschen, bei 100 ° getrocknet und gewogen. Er kann aus Kieselsäure, Sand und unverbrannten Kohlenpartikelchen bestehen. Zur genauen Ermittlung der Kieselsäure leert man den Inhalt des Filters in ein Becherglas und erwärmt ihn mit verdünnter Natronlauge, wobei sich die Kieselsäure löst. Das Ungelöste wird wieder auf demselben Filter abfiltrirt, ausgewaschen, getrocknet und gewogen. Der Gewichtsverlust giebt die Menge der Kieselsäure an. Ist die Menge der Kohle ziemlich bedeutend, so findet man ihr Gewicht durch den Glühverlust und sie muß dann vom Gesammtgewicht der Asche abgezogen werden.

### 3. Bestimmung des Chlors.

Aus der von der Kieselsäure abgelaufenen Flüssigkeit wird das Chlor durch salpetersaures Silberoxyd als Chlorsilber ausgeschieden, abfiltrirt, getrocknet, geschmolzen und gewogen und aus dem Gewichte des Chlorsilbers die Menge des Chlors berechnet.

### 4. Bestimmung der Schwefelsäure.

Das überflüssige salpetersaure Silberoxyd fällt man zunächst durch Salzsäure aus, filtrirt ab und setzt zum Filtrat Chlorbarium. Mit dem Niederschlag von schwefelsaurem Baryt wird verfahren, wie oben angegeben ist. Nach dem Filtriren gießt man zur Lösung Schwefelsäure, bis der überschüssige Baryt ausgeschieden ist und filtrirt abermals.

### 5. Bestimmung des Eisens (Mangans, Thonerde), des Kalkes, der Bittererde und eines Theils der Phosphorsäure.

Das bei Nr. 4 erhaltene Filtrat wird bis zur Tröckne abgedampft, mit Salzsäure versetzt und einige Zeit damit erwärmt, zuletzt die Salzsäure durch Erhitzen verdrängt und der Rückstand mit Wasser übergossen. Es löst sich dabei Alles, mit Ausnahme der Kieselsäure, auf, die man abfiltrirt, wiegt und zu Nr. 2 addirt.

Das Filtrat versetzt man mit Ammoniak im Ueberschuß. Dadurch werden gefällt: E i s e n (Mangan und Thonerde, wenn sie zugegen sind), K a l k und M a g n e s i a, an P h o s p h o r s ä u r e g e b u n d e n. Der Niederschlag wird nach etwa achtstündigem Stehen auf ein Filtrum gebracht, ausgewaschen, getrocknet, geglüht und dann gewogen. Das geglühte Gemenge der Salze wird in concentrirter Salzsäure durch Erwärmen gelöst, die überschüssige Säure mit Natron abgestumpft und hierauf mit einer Lösung von essigsaurem Natron vermischt, wodurch phosphorsaures Eisenoxyd und phosphorsaure Thonerde gefällt werden. Man filtrirt ab, trocknet, glüht und wägt. Ist die Masse nach dem Glühen rein braun, so ist es reines phosphorsaures Eisenoxyd ($Fe_2O_3,PO_5$); wenn nicht, so ist auch phosphorsaure Thonerde da ($Al_2O_3,PO_5$), die man auf dieselbe Art trennt, wie oben bei der Ackererde. Aus der abgelaufenen Flüssigkeit fällt man die Kalkerde durch oxalsaures Ammoniak als oxalsauren Kalk. Der Letztere wird nach dem Filtriren und Auswaschen geglüht, wodurch er in kohlensauren Kalk übergeht, aus dessen Gewicht sich die Menge der Kalkerde berechnet. Die

Magnesia endlich wird aus der vom oxalsauren Kalk abgelaufenen Flüssigkeit durch Zusatz von überschüssigem Ammoniak als Phosphorsäure-Ammoniak-Magnesia ausgeschieden, die nach dem Glühen die Zusammensetzung $(MgO)^2, PO_5$ hat. War etwas Mangan zugegen, so wird der Niederschlag beim Glühen grau bis schwarz. Addirt man nun das Gewicht des phosphorsauren Eisenoxydes, der phosphorsauren Thonerde und der phosphorsauren Magnesia zu demjenigen des Kalkes und zieht die Summe vom ursprünglichen Gewicht des Ammoniakniederschlages ab, so ergiebt sich aus dem Verlust die Menge der Phosphorsäure, die an Kalkerde gebunden war.

## 6. Bestimmung des andern Theils der Phosphorsäure und der Alkalien.

In der vom Ammoniak-Niederschlag Nr. 5 abgelaufenen Flüssigkeit sind noch die in der Asche vorkommenden Alkalien und ein Theil der Phosphorsäure, nebst überschüssig zugesetzter Schwefelsäure enthalten. Durch Vermischen mit Chlorbarium entsteht ein Niederschlag, aus phosphorsaurem und schwefelsaurem Baryt bestehend. Man filtrirt ihn ab und behandelt ihn mit Salpetersäure, wobei sich der phosphorsaure Baryt löst, der schwefelsaure dagegen ungelöst bleibt. Nachdem abfiltrirt worden ist, wird der Baryt durch Schwefelsäure ausgefällt, der Niederschlag wieder filtrirt und die Phosphorsäure durch Zusatz von Ammoniak und schwefelsaurer Magnesia ausgeschieden.

Aus dem Filtrat des phosphorsauren Barytes wird ein Ueberschuß an Chlorbarium durch Schwefelsäure ausgeschieden, abfiltrirt, die Lösung eingedampft und geglüht, wobei die Alkalien als schwefelsaure Salze zurückbleiben. Die weitere Trennung geschieht, sowie es bei der Analyse der in Salzsäure unlöslichen Bestandtheile der Ackererde angegeben ist.

## B. Analyse der Aschen von Holz und Kräutern u. s. w.

Es ist darin weniger Phosphorsäure enthalten als nöthig ist, um mit Metalloxyden und alkalischen Erden Salze zu bilden.

Die Darstellung der Asche hat derselben Verlauf wie bei A. Zur speciellen Analyse nimmt man bei Kräutern circa 50, bei Holz und den Gramineen etwa 100 Gramm. In der Asche werden hierauf die Kohlensäure, die Kieselsäure, das Chlor, die Schwefelsäure wie bei A. ausgefällt und ihr Gewicht bestimmt.

Durch Zusatz von Ammoniak entsteht ein Niederschlag, der sämmtliche Phosphorsäure enthält; er wird filtrirt und weiter zerlegt, wie unter A. angegeben ist. Die Kalkerde wird durch oxalsaures Ammoniak und die Magnesia durch phosphorsaures Ammoniak ausgeschieden.

Zur Bestimmung der Alkalien wird die durch das Fällungsmittel überschüssig hinzugekommene Phosphorsäure durch Chlorbarium ausgeschieden und im weitern verfahren wie sub A.

Auf die Aschenanalysen gestützt, ist es leicht zu berechnen, wie viel an anorganischen Bestandtheilen durch eine Ernte dem Boden entzogen werden. Gesetzt, man habe auf einem Felde 60 Centner Kartoffeln geerntet und die Aschenmenge der grünen Kartoffel betrage gerade 1 %, so sind darin 60 ℔ Asche enthalten. Nach der früher angeführten Analyse besteht die Asche der Kartoffelknolle aus:

| | |
|---|---|
| Kali | 50,93 |
| Chlornatrium | 0,88 |
| Chlorkalium | 8,98 |
| Phosphorsäure | 17,68 % ꝛc. |

Und daraus folgt, daß die angenommene Kartoffelernte dem Boden entnimmt an:

| | | |
|---|---|---|
| Kali | = | 30,55 ℔ |
| Chlornatrium | = | 0,52 „ |
| Chlorkalium | = | 5,38 „ |
| Phosphorsäure | = | 10,60 „ ꝛc. |

# Analyse von Guano.

Bei der Untersuchung eines käuflichen Guano im Interesse der Landwirthschaft handelt es sich nicht um genaue Kenntniß der Menge aller darin vorkommenden Bestandtheile; es genügt die Gewichtsmenge derjenigen Stoffe darin zu kennen, welche für die Vegetation besonders werthvoll sind. Diese Bestandtheile sind: Stickstoff, Phosphorsäure und die Alkalien; außerdem hat die Analyse darauf Rücksicht zu nehmen, ob eine Verfälschung stattgefunden hat oder nicht. Die Verfälschung kann bestehen in einem absichtlichen Zusatz von Sand, Lehm, Kalk oder auch gewöhnlicher Erde.

## 1. Bestimmung des Wassergehaltes.

Von zerriebenem und gut durch einander gemengtem Guano wägt man 8—10 Gramm ab und erhitzt so lange in einem Wasserbade, bis keine Gewichtsabnahme mehr bemerbar ist. Der Gewichtsverlust ist gleich der Menge des im Guano enthaltenen Wasser. Bei einer guten Qualität übersteigt das Wasser 15 % nicht.

## 2. Bestimmung der organischen Materie, der übrigen in der Hitze flüchtigen Stoffe und des Aschengehaltes.

10—15 Gramm werden in einem Platintigel erhitzt, bis alle organischen Stoffe verbrannt und die flüchtigen Salze ausgetrieben sind. Die Asche soll eine gräulich weiße Farbe besitzen. Nach dem Erkalten wird gewogen. Aus der Gewichtsabnahme ergiebt sich die Menge der organischen Materie + Wasser, welch Letzteres davon abgezogen wird. Guter Guano hinterläßt circa 30—35 % Asche, schlechter oder verfälschter das Doppelte und darüber.

## 3. Bestimmung der Phosphorsäure, des Sandes und Thones.

Man bringt die Asche in eine Porzellanschale, übergießt sie mit verdünnter Salzsäure und erwärmt. Ist der Guano gut, so entsteht dabei nur ein schwaches oder gar kein Aufbrausen

und es giebt nur einen geringen, in der Säure unlöslichen Rückstand, aus Sand und Thon bestehend. Das Ungelöste wird abfiltrirt, ausgewaschen, geglüht und gewogen. Asche von gutem Guano giebt höchstens 3 % Sand.

Zum Filtrat wird jetzt Ammoniak gesetzt, bis die Flüssigkeit nach dem Umrühren deutlich darnach riecht. Der entstandene Niederschlag besteht fast ganz aus phosphorsaurer Kalkerde, in der Regel nur mit Spuren von phosphorsaurer Thonerde, Eisenoxyd oder Magnesia gemischt. Man filtrirt ihn ab, wäscht aus und glüht. Aus dem Gewichte desselben ergiebt sich die Menge der Phosphorsäure, indem seine Zusammensetzung = $(CaO)^3, PO_5$ ist. Darnach enthalten 100 Theile des Niederschlages 45,8 Theile Phosphorsäure.

## 4. Bestimmung des Kalkes.

Aus dem Filtrat wird der Kalk, der nicht an Phosphorsäure gebunden war, durch oxalsaures Ammoniak ausgeschieden. Aechter Guano giebt dabei nur eine Trübung, verfälschter oder von Natur aus schlechter dagegen einen mehr oder weniger bedeutenden Niederschlag. Im letztern Fall ist auch schon beim Uebergießen der Asche mit Salzsäure ein starkes Aufbrausen entstanden.

## 5. Bestimmung der Alkalien.

Dieselben werden in der Regel nicht direct, sondern aus dem Verlust bestimmt, indem man das Gewicht des Sandes, Thones, phosphorsauren Kalkes und kohlensauren Kalkes addirt und vom ursprünglichen Gewicht der Asche subtrahirt. Sollen die Alkalien, welche auch noch etwas Phosphorsäure enthalten können direct bestimmt werden, so kann dieß auf zwei Art geschehen.

Erstlich annähernd dadurch, daß man die Asche gleich nach dem Einäschern des Guano mit Wasser auszieht, den Auszug eindampft, glüht und wägt oder zweitens, indem man das vom oxalsauren Kalke (Nr. 4) erhaltene Filtrat abdampft und zur Verjagung der Ammoniaksalze glüht, wobei die Alkalien als nicht flüchtig, möglicherweise mit etwas Phosphorsäure, und wenn kohlensaurer Kalk in ziemlicher Menge zugegen war, mit

etwas Magnesia zurückbleiben. Die Trennung der Phosphorsäure von den Alkalien geschieht wie oben.

### 6. Bestimmung des Stickstoffs.

Sie gründet sich darauf, daß, wenn stickstoffhaltige Materien mit starken Basen, z. B. Aetznatron, Kalk, Kali ꝛc. oder besser, einem Gemisch von Kalk und Natron, dem sogenannten Natronkalk, geglüht werden, aller Stickstoff in Form von Ammoniak aus demselben weg geht und durch eine Säure fixirt werden kann. — Die Operation hat folgenden Verlauf. Eine nicht zu enge Röhre von schwer schmelzbarem Glase und etwa 1 ½ Fuß Länge wird an einem Ende in eine etwas aufwärts gehende Spitze ausgezogen. In das ausgezogene Ende kömmt zuerst etwas reiner Natronkalk, hierauf ein Gemisch der zu untersuchenden abgewogenen organischen Materie mit gut ausgetrocknetem Natronkalk, — (im vorliegenden Fall etwa 2 — 2 ½ Gramm Guano); zuletzt füllt man die Röhre noch mit reinem Natronkalk aus, legt sie in einen Liebig'schen Verbrennungsofen aus Eisenblech und verbindet dieselbe vermittelst eines luftdicht schließenden Korkes mit einem Apparate, der verdünnte Salzsäure enthält. (Fig. 39.) Der Natronkalk darf die Röhre nicht ganz füllen, sondern es muß über demselben ein freier Kanal sein, was leicht nach der Füllung durch Anklopfen der Röhre an einem Tisch zu bewerkstelligen ist. — Bei der Analyse wird nun der vordere Theil der Röhre, wo der reine Natronkalk ist, zuerst bis zum Glühen durch Kohlen erhitzt, dann fährt man weiter, erhitzt nach und nach auch die Stelle, wo die Substanz liegt und zuletzt die ganze Röhre. Das Ammoniak geht weg, wird von der Salzsäure anfgenommen und in Salmiak verwandelt. Nachdem kein Gas mehr geht und die Flüssigkeit, Neigung zum Zurücksteigen zeigt, klemmt man die Spitze der Röhre ab und zieht eine Zeit lang Luft hindurch, wodurch das in der Röhre befindliche Ammoniak nach der Salzsäure hingezogen und absorbirt wird. Ist dieß geschehen, so wird der Inhalt des vorgelegten Salzsäureapparates in eine Porzellanschale gebracht, mit Platinchloridlösung versetzt und im Wasserbad bis zur Tröckne verdunstet. Auf den Rückstand gießt man ein Gemisch von

Alkohol und Aether, dabei bleibt Platinsalmiak als gelbes Pulver ungelöst, während sich das überschüssig zugesetzte Platinchlorid löst. Platinsalmiak filtrirt man auf einem getrockneten, gewogenen Filtrum ab, wäscht mit absolutem Alkohol aus, trocknet bei 100 ° und bestimmt aus dem Gewichte des Niederschlages, dessen Zusammensetzung = $PtCl_2 + NH_4Cl$ ist, die Menge des Stickstoffes. 100 Gewichtstheile Platinsalmiak entsprechen 6,3 Theilen Stickstoff.

Zum Auffangen des Ammoniaks kann man auch statt Salzsäure eine Lösung von Weinsteinsäure in absolutem Alkohol anwenden. Jede übergehende Blase Ammoniak wird dann sogleich fest, indem das entstehende weinsteinsaure Ammoniak im absoluten Alkohol unlöslich ist. Das weinsteinsaure Amoniumoxyd wird nach der Analyse sogleich auf einem getrockneten und gewogenen Filter abfiltrirt, bei 100 ° getrocknet und gewogen. 100 Gewichtstheile entsprechen 8,4 Stickstoff. Die Analyse wird dadurch etwas abgekürzt, ist indessen nicht so genau, wie die vermittelst Salzsäure; sie dürfte aber für technische Zwecke in vielen Fällen genügen. (S. Fig. 40 Anl. zum Experimentiren.)

Die Resultate werden folgendermaßen zusammengestellt:

| | |
|---|---|
| Feuchtigkeit . . . . . . . . . . . . | % |
| Sand und Thon . . . . . . . . . . | — |
| Kohlensaurer Kalk . . . . . . . . . | — |
| Phosphorsaure Kalkerde . . . . . . . | — |
| Alkalien . . . . . . . . . . . . . . | — |
| Organische Materie und flüchtige Stoffe . | — |
| In der organischen Materie der Harnsäure und Ammoniaksalzen Stickstoff = | %. |

## Prüfung des Guano von Seiten des Landwirthes.

1) Guter Guano hat eine gelbbraune Farbe und ist hie und da mit weißen Klümpchen untermischt. Er hat einen urinösen Geruch und einen schwachen, aber stechend salzigen Geschmack.

2) Aechter Guano in ein Glas gebracht und mit gelöschtem Kalk versetzt, verbreitet, wenn man das Gemenge mit einem

Stabe umrührt, einen starken Geruch nach Ammoniak. Der Unterschied tritt namentlich dann hervor, wenn eine gute und eine schlechte Sorte derselben Behandlung unterworfen werden.

3) Uebergießt man in einem Glase etwas Guano mit Salzsäure, so zeigt schlechter ein deutlich bemerkbares Aufbrausen, guter nicht.

4) Man erhitzt Guano in einem Löffel, bis die organische Materie soviel als möglich zerstört ist. Die zurückbleibende Asche soll keine röthliche oder röthlich gelbe Farbe besitzen und sich in Salzsäure fast ganz auflösen. Ein bedeutender Rückstand deutet auf Zusatz von Sand, Lehm oder gewöhnlicher Erde.

---

## Analyse von Knochenmehl.

Die Hauptbestandtheile des Knochenmehls sind: Stickstoffhaltiger Leim (Knochenleim) und phosphorsaurer Kalk. Verfälschungen können bestehen im Zusatz von Wasser, Sand oder kohlensaurem Kalk.

Der Gang der Analyse ist wesentlich derselbe, wie beim Guano.

### 1. Wassergehalt.

Durch Erhitzen von 2—3 Gramm im Wasserbade. Das Wasser darf höchstens 10 % betragen.

### 2. Bestimmung der organischen Materie und der Asche.

In einem offenen Platintigel glüht man circa 5 Gramm Knochenmehl so lange, bis die Masse weiß geworden ist. Aus dem Gewichtsverlust ergiebt sich die Menge der organischen Materie + Wasser. Asche, organische Substanz und Wasser werden auf Prozente berechnet.

### 3. Bestimmung der phosphorsauren Kalkerde (resp. Phosphorsäure) und des Sandes.

Die Asche wird mit Salzsäure digerirt. Was sich nicht löst, kann Sand, Thon oder irgend ein anderer Stoff sein. Das

Ungelöste wird abfiltrirt, ausgewaschen, getrocknet und geglüht. Bei unverfälschtem Knochenmehl beträgt der unlösliche Theil höchstens 1 %.

Zum Filtrat wird Ammoniak in kleinem Ueberschuß gesetzt. Der Niederschlag besteht zum größten Theil aus phosphorsaurem Kalk. Man filtrirt, wäscht aus, trocknet, glüht und führt in der Analyse sein Gewicht als phosphorsaure Kalkerde auf. Er soll im guten Knochenmehl 50—60 % ausmachen.

### 4. Bestimmung der kohlensauren Kalkerde.

Sie ist in der vom Ammoniak-Niederschlag abgelaufenen Flüssigkeit enthalten und wird durch oxalsaures Ammoniak oder Kali gefällt. Ihre Menge darf 5—8 % nicht übersteigen.

### 5. Bestimmung des Stickstoffes.

Wenn sie vorgenommen wird, so geschieht es, wie beim Guano Nr. 6.

6. Soll auch das Chlornatrium bestimmt werden, so zieht man gleich Anfangs die Asche mit heißem Wasser aus, dampft ein, glüht und wiegt. Das Wasserextract beträgt etwa 1 %.

---

## Milchprüfung.

Zur Bestimmung der Güte der Milch bedient man sich gegenwärtig in Deutschland eines von Mechanikus Dörffel in Berlin construirten Instrumentes. Die Dörffel'sche Milchwaage ist ein kleines Aräometer, dessen Scala 20 Grade umfaßt. Der Nullpunkt der Scala ist der Wasserpunkt bei 12,5 ° R.; der Grad 20 entspricht dem spec. Gewicht 1,038.

Gewöhnliche, unverfälschte Milch zeigt nach genauen, besonders von Fr. J. Otto vorgenommenen Untersuchungen, im Mittel 17 ° an der Dörffel'schen Waage. Die Relation zwischen spec. Gewicht und den beobachteten Graden ist folgende:

| Grade. | Specifisches Gewicht. |
|---|---|
| 11 | 0,0214 |
| 12 | 1,0224 |
| 13 | 1,0244 |
| 14 | 1,0264 |
| 15 | 1,0285 |
| 16 | 1,0306 |
| 17 | 1,0326 |
| 18 | 1,0347 |

Nach Otto kann eine Milch noch als unverfälscht angenommen werden, wenn sie bloß 14 Grade zieht oder das spec. Gewicht 1,0264 hat; weicht eine Milch merklich von den angegebenen Grenzen 14 und 17 ° oder 1,0264 und 1,0326 spec. Gewicht ab, so ist ein Verdacht auf Verfälschung ziemlich begründet.

Ist das spec. Gewicht geringer als 1,026, so ist Wasserzusatz anzunehmen, steigt es über 1,0326, so kann vorausgegangenes Abrahmen der Grund sein.

Indessen giebt die Bestimmung des spec. Gewichtes allein nie einen wahren Aufschluß über die Güte einer Milch; denn es ist eine aus Fett, Wasser, Käsestoff, Milchzucker und anorganischen Salzen zusammengesetzte Flüssigkeit, worin das Fett das spec. Gewicht erniedrigt, Käsestoff, Salze und Milchzucker es erhöhen. Zwei Milchsorten können daher bei gleichem spec. Gewicht eine verschiedene Zusammensetzung in Bezug auf die Quantität der einzelnen Stoffe haben.

Ueber den wahren Gehalt einer Milch an festen Stoffen und ihr gegenseitiges Mengenverhältniß giebt nur eine eigentliche chemische Analyse Aufschluß. Die Untersuchung besteht in folgenden Operationen.

## 1. Bestimmung des Wassergehaltes.

In einer tarirten Porzellanschale werden circa 40 Gramm Milch abgewogen und mit derselben eine gewogene und getrocknete Menge pulverisirten schwefelsauren Baryt oder reinen Quarzsand vermischt und abgedampft. Die Beimischung der genannten Körper ist nöthig, um das Aufschäumen zu verhüten. Zieht man vom Rückstand das Gewicht des zugesetzten schwefelsauren

Barytes oder Quarzsandes ab, so ergiebt sich daraus das Gewicht der in der angewandten Milch enthaltenen festen Stoffe und des Wassers.

## 2. Bestimmung des Butterfettes.

Man zerreibt den Rückstand möglichst fein, bringt ihn auf ein getrocknetes, gewogenes Filtrum und wäscht denselben so lange aus, bis ein ablaufender Tropfen Aether nach dem Verdunsten keinen Rückstand mehr läßt. Wird jetzt das Filter mit dem Inhalt getrocknet und wieder gewogen, so berechnet sich aus dem Gewichtsverlust die Menge des Fettes, welches durch Aether ausgezogen wurde.

## 3. Bestimmung des Milchzuckers und der Asche.

Der Rückstand auf dem Filter (Nr. 2) besteht jetzt noch aus Milchzucker, Käsestoff und anorganischen Salzen. Durch Auswaschen mit heißem Alkohol von 0,85 spec. Gewicht wird der Milchzucker ausgezogen und das Gewicht durch Wägen aus dem Verlust ermittelt. Das Casein ergiebt sich ebenfalls aus dem Verlust durch Glühen des in Aether und Alkohol unlöslichen Theiles und die Asche endlich direct durch das Gewicht des Glührückstandes, nachdem man davon den schwefelsauren Baryt oder Quarzsand abgezogen hat. Die Bestimmung des Milchzuckers ist freilich nicht ganz genau, indem der Weingeist auch einen geringen Theil der Salze löst; allein die übrigen Daten lassen schon einen gültigen Schluß zu, so daß eine vollkommen genaue Bestimmung des Milchzuckers nicht durchaus nothwendig erscheint. Die Milch ist je nach der Natur des Thieres, der eingenommenen Nahrung ꝛc. verschieden; doch muß die Menge der festen Bestandtheile wenigstens 11,5 % betragen; bei sehr guter Kuhmilch steigen sie bis auf 14 % und noch darüber.

Bolley führt an, daß von Chemikern außer der Verfälschung mit Wasser auch solche mit stärkemehlhaltigen Materien (Mehl, Amylum, Reisabsud) Gummi, Eiweiß ꝛc. constatirt worden sein sollen. Stärkemehlhaltige Substanzen wurden in diesem Falle durch eine alkoholische Jodlösung erkannt, die beim Zusatz zur Milch eine blaue Färbung erzeugten. Zur

Entdeckung des Gummi würde man zu einer Portion Milch etwas Essigsäure setzen, erwärmen, abfiltriren und das Filtrat mit Weingeist vermischen, wobei eine Trübung entstände, wenn Gummi vorhanden ist. Eiweiß würde beim Erhitzen der Milch gerinnen.

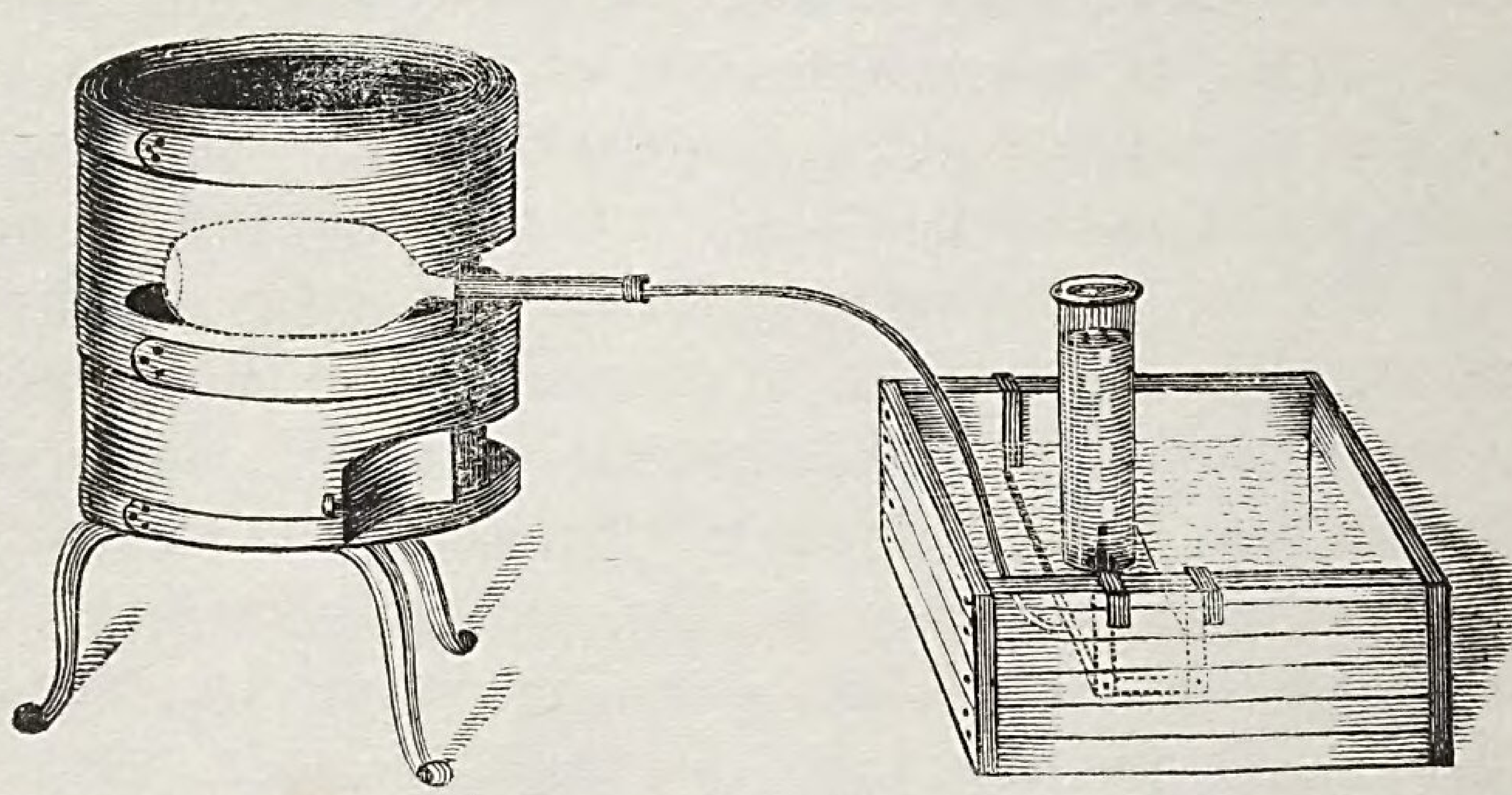
In neuerer Zeit hat der Franzose Quevenne, auf viele Versuche gestützt, ein Lactodensimeter construirt und Müller, Apotheker in Bern, eine Erläuterung und Gebrauchsanweisung davon herausgegeben. Das Instrument möchte in den meisten Fällen gute Dienste leisten.

# Anleitung
# zum Experimentiren.

## 1. Darstellung des Sauerstoffes.

a) Um größere Mengen von Sauerstoff darzustellen, bedient man sich des Braunsteins (Manganhyperoxyd), der in der Glühhitze 1/3 seines Sauerstoffgehaltes abgiebt. Die Retorte muß aus Thon oder Eisen bestehen. (Fig. 8.) Sie wird mit etwa haselnußgroßen Stücken von Braunstein theilweise angefüllt, in einen passenden Ofen eingesetzt, mit einem Gasleitungsrohr verbunden und bis zum Glühen vermittelst Kohlen erhitzt. Das Gasleitungsrohr mündet in eine vorgelegte Wanne mit Wasser.

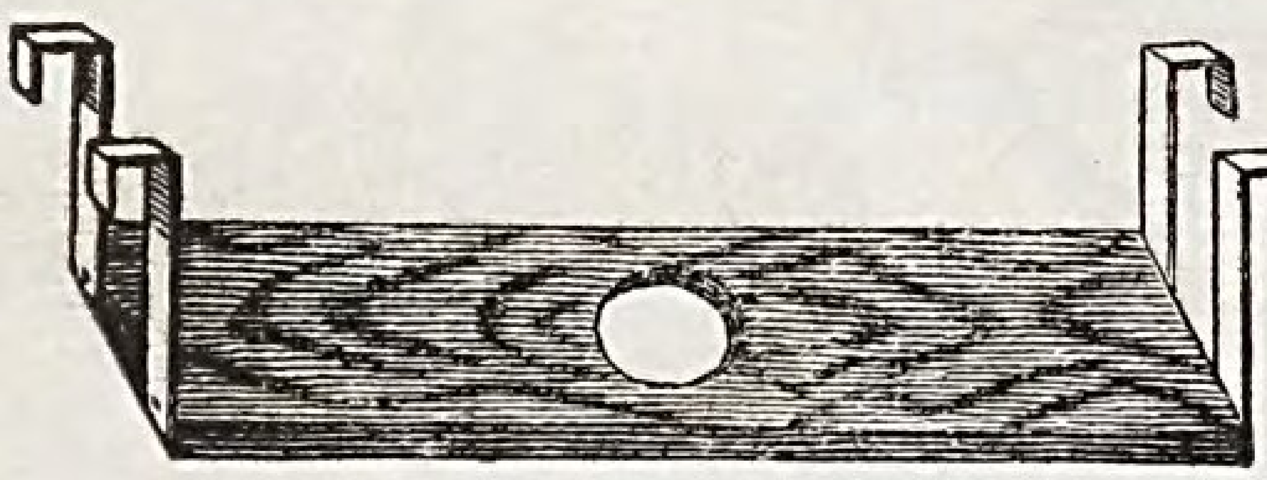
Fig. 8.



Die Wanne ist ein Kasten von Holz, innen mit Blech wasserdicht ausgefüttert. Die ersten sich entwickelnden Blasen sind vornehmlich Luft, Kohlensäure (von dem den Braunstein verun-

reinigenden kohlensauren Kalke herrührend), Stickstoff u. s. w. Man fängt daher das Gas nicht sogleich auf, sondern erst nach einiger Zeit, wenn reines Sauerstoffgas sich entwickelt, wovon man sich dadurch überzeugt, daß in einer aufgefangenen Probe ein glimmender Spahn sich augenblicklich wieder entzündet. Das Gas wird passend in Cylindern von Glas aufgesammelt, die zuerst mit Wasser gefüllt, umgekehrt und dann über das Gasleitungsrohr gehalten werden. Durch das Füllen mit Wasser wird die Luft des Cylinders ausgetrieben. Jede Blase Sauerstoff steigt in dem Cylinder empor; das Wasser aber tritt in gleichem Maß in die Wanne aus, bis derselbe zuletzt ganz mit Sauerstoff angefüllt ist. Er wird jetzt unter Wasser mit einer Glasplatte bedeckt und herausgenommen. Anstatt den Cylinder während dem Aufsammeln des Gases stets in den Händen zu halten, bringt man in der Wasserwanne einen Steg aus Holz oder Blech an. Derselbe ist an einer Stelle durchbohrt, so daß das Gasleitungsrohr hindurchgeschoben und dann der mit Wasser gefüllte Cylinder darüber gestellt werden kann. (Fig. 9.)

Fig. 9.



Soll das Gas nicht sogleich zum Experimentiren verwendet werden, so kann, wenn die Glasplatte nicht hermetisch schließt, etwas Sauerstoff aus dem Cylinder entweichen und dafür Luft eintreten. In diesem Fall sammelt man, falls kein Gasometer da ist, den Sauerstoff in Flaschen auf, verschließt sie mit einem Kork und stellt dieselben umgekehrt in ein Gefäß, worin sich etwas Wasser befindet, das einen vollständigen Verschluß bewirkt.

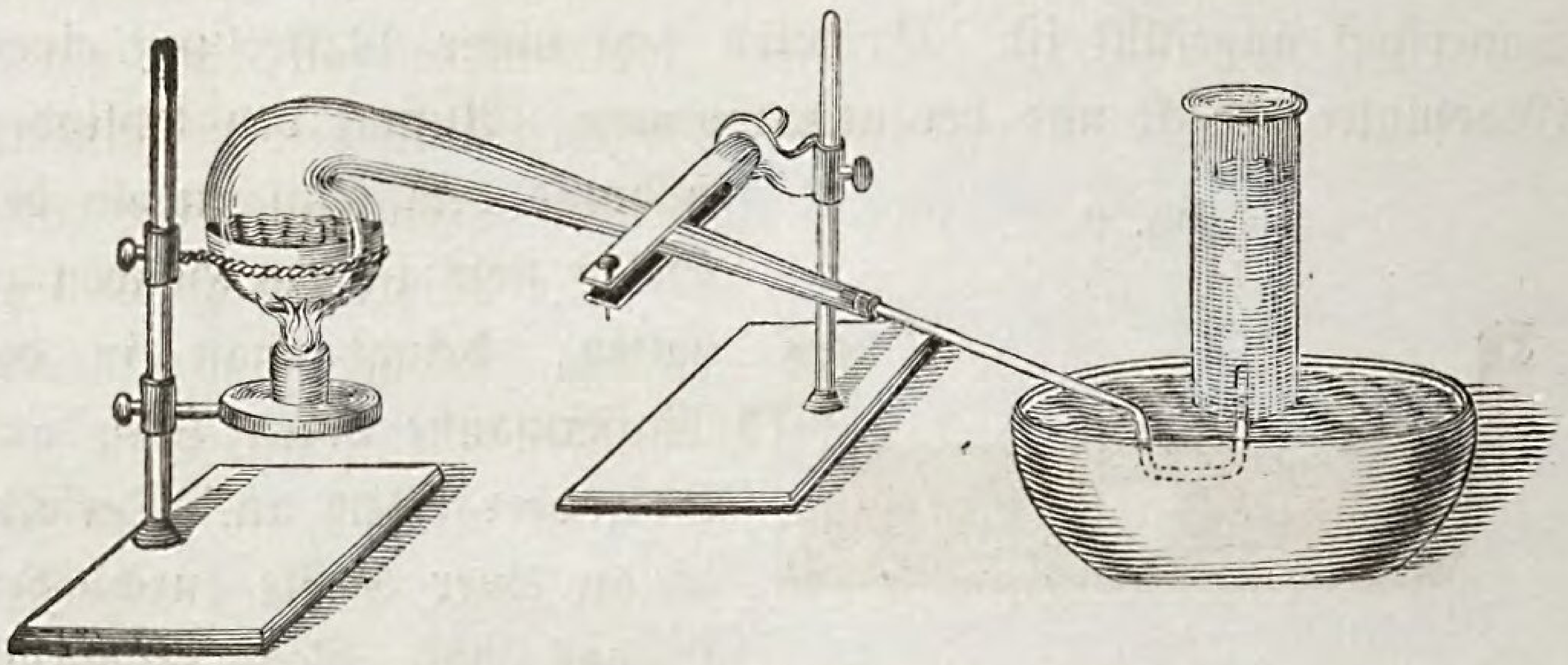
Das Ueberfüllen des Gases aus den Flaschen in die Cylinder geschieht so, daß man die Flaschen unter Wasser öffnet und hierauf über die Oeffnung den mit Wasser gefüllten Cylinder hält.

b) Ist keine thönerne oder eiserne Retorte zur Verfügung, so nimmt man die Darstellung des Sauerstoffes in einer gläsernen Retorte oder Kolben durch Erhitzen von Braunstein mit

concentrirter Schwefelsäure vor. Die Schwefelsäure verbindet sich dabei mit Braunstein zu schwefelsaurem Manganoxydul unter Abgabe der Hälfte des Sauerstoffs. (Fig. 10.)

Der voraus fein pulverisirte Braunstein wird in die Retorte oder den Kolben gebracht, mit Schwefelsäure übergossen und das Gemenge mit glühenden Kohlen oder einer Spiritusflamme erwärmt. Man wartet mit dem Auffangen so lange, bis die Luft ausgetrieben ist.

Fig. 10.



c) Entwicklung des Sauerstoffes aus rothem Quecksilberoxyd. Diese Darstellung ist deßhalb interessant, weil man dabei sehen kann, wie sich der rothe, pulverige Körper, das Oxyd des Quecksilbers, geradeaus in Metall und Sauerstoff durch bloße Einwirkung von Wärme zerlegt. Der Versuch wird, wie bei b, in einer Retorte oder Kolben mit Gasleitungsrohr angestellt. Im Anfang jedoch darf das Quecksilber nur schwach erhitzt werden, damit die Retorte nicht springt, nach und nach wird die Hitze gesteigert. Das Quecksilber verflüchtigt sich ebenfalls und geht zum Theil in die Wasserwanne über, während der Sauerstoff in dem Cylinder aufsteigt.

d) Die ergiebigste Art, Sauerstoff zu entwickeln, ist die aus chlorsaurem Kali, das in eine Retorte gebracht und erhitzt, leicht eine große Menge Gas liefert, während ein fester Körper, Chlorkalium, zurückbleibt. Apparate und Handgriffe sind im Uebrigen dieselben, wie bei der Darstellung des Sauerstoffes aus Quecksilberoxyd.

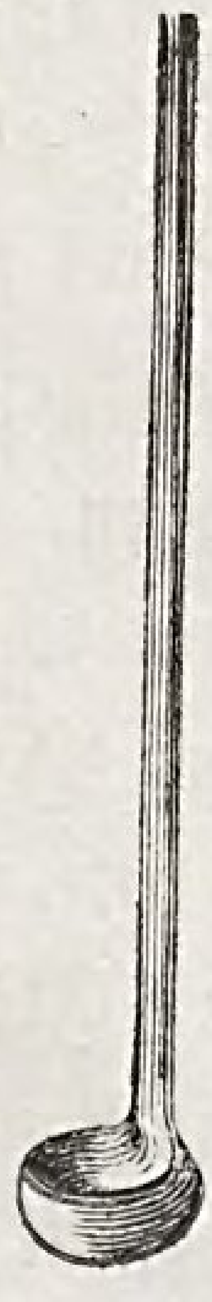
Zur Befestigung des Gasleitungsrohres in dem Kolben oder der Retorte dienen Korke, die man durch Bearbeitung mit einer platten Feile genau passend macht; ist dieß geschehen, so wird in den Kork ein Loch zur Aufnahme des Rohres gebohrt. Es ist dazu eine runde Feile nöthig, mit deren einem Ende zuerst eine Oeffnung durchgestoßen wird; hierauf kehrt man die Feile um, hält den Kork in der linken Hand senkrecht und feilt, bis die Oeffnung so weit ist, daß die Röhre mit einiger Mühe hineingeschoben werden kann.

Schneiden und Biegen von Glasröhren. Um ein Stück von einer längern Glasröhre abzuschneiden, macht man an der Stelle, wo die Abtrennung stattfinden soll, mit einer dreikantigen Feile einen Feilstrich, ergreift mit beiden Händen die Röhre so, daß zwischen denselben der Feilstrich liegt und zieht jetzt etwas schief auseinander. Die Röhre bricht in der Regel ohne Haken ab, wenn der Feilstrich tief genug war; entstehen aber solche, so werden sie durch Feilen entfernt.

Sind die Wände der Glasröhre nicht zu dick, so kann sie leicht über einer Berzelius'schen Spirituslampe gebogen werden, indem man die Stelle, wo sie gekrümmt werden soll, so lange über die Flamme hält, bis sie weich geworden ist. Röhren mit dicken Wänden müssen über einer Gasflamme oder einer Glasbläserlampe gebogen werden.

Experimente. 1) Ein glimmender Spahn in einen Cylinder mit Sauerstoffgas getaucht, entzündet sich wieder und brennt viel rascher als in gewöhnlicher Luft. Ein befeuchtetes Stück Lackmuspapier, das man nach der Verbrennung in den Cylinder hält, wird geröthet und Kalkwasser trübt sich beim Hineingießen, ein Beweis, daß sich bei der Verbrennung Kohlensäure gebildet hat.

Fig. 11.



2) Phosphor verbrennt in Sauerstoff mit so großem Glanz, daß die Augen das Licht kaum auszuhalten vermögen. — Die Verbrennung des Phosphors geschieht in einem Schälchen von Eisen, an dem ein Draht angelöthet ist. (Fig. 11.) Das abgetrocknete, aber nicht zu große Stück wird in das Schälchen gelegt, angezündet und dann am Drahte

Fig. 12. in den Cylinder gehalten. (Fig. 12.)

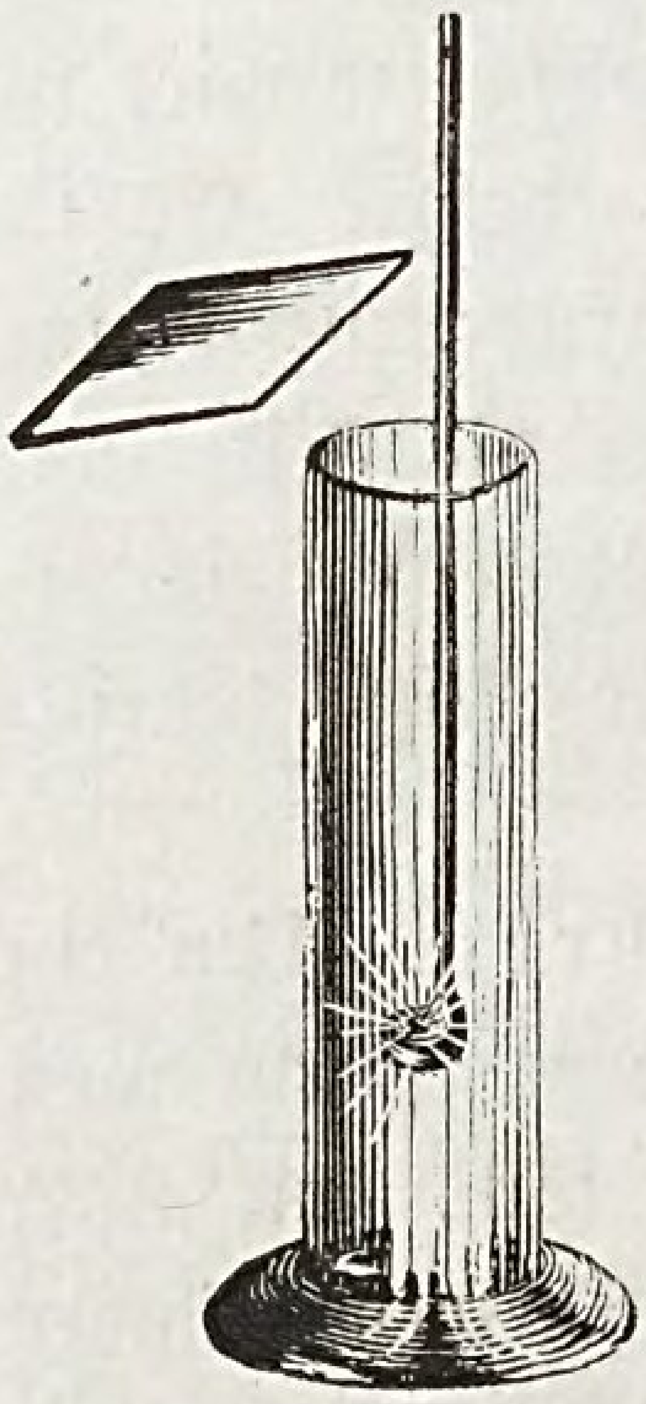
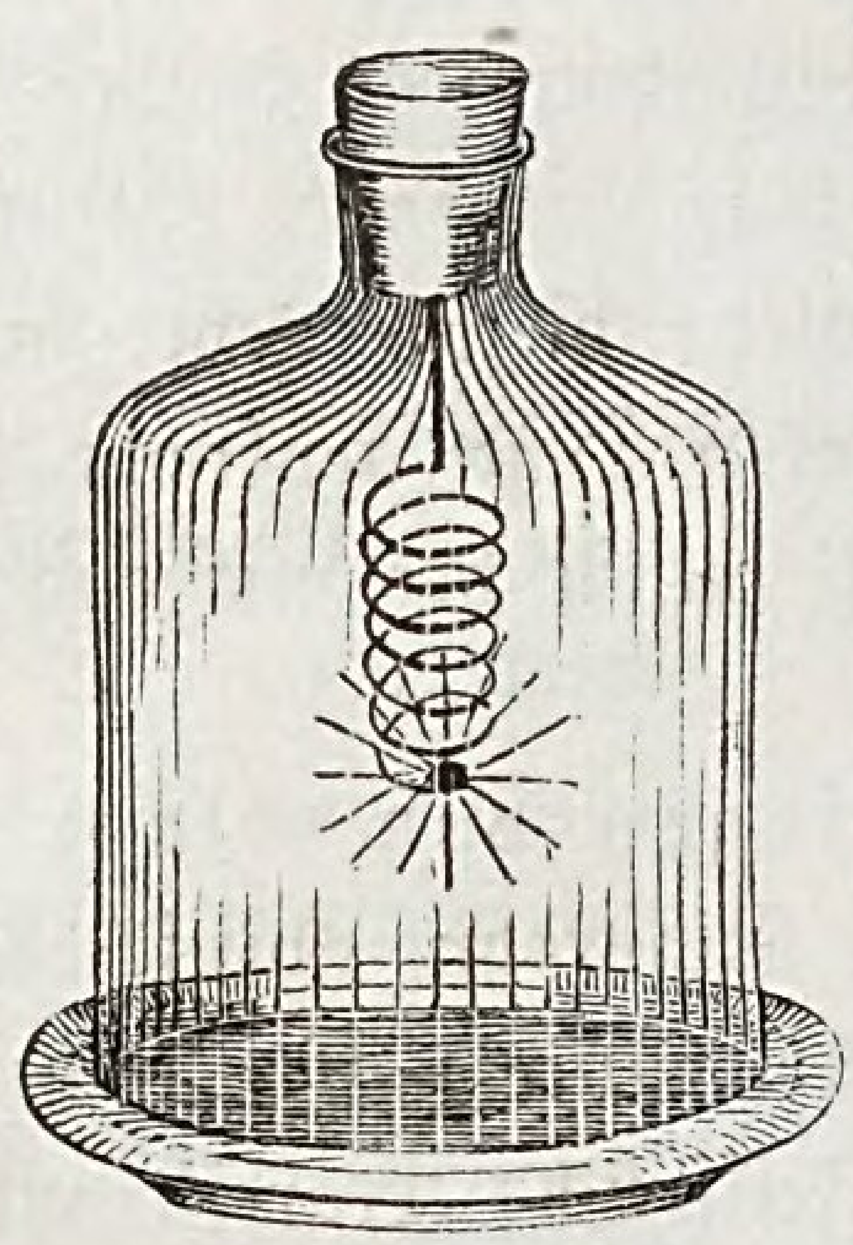


Fig. 13.



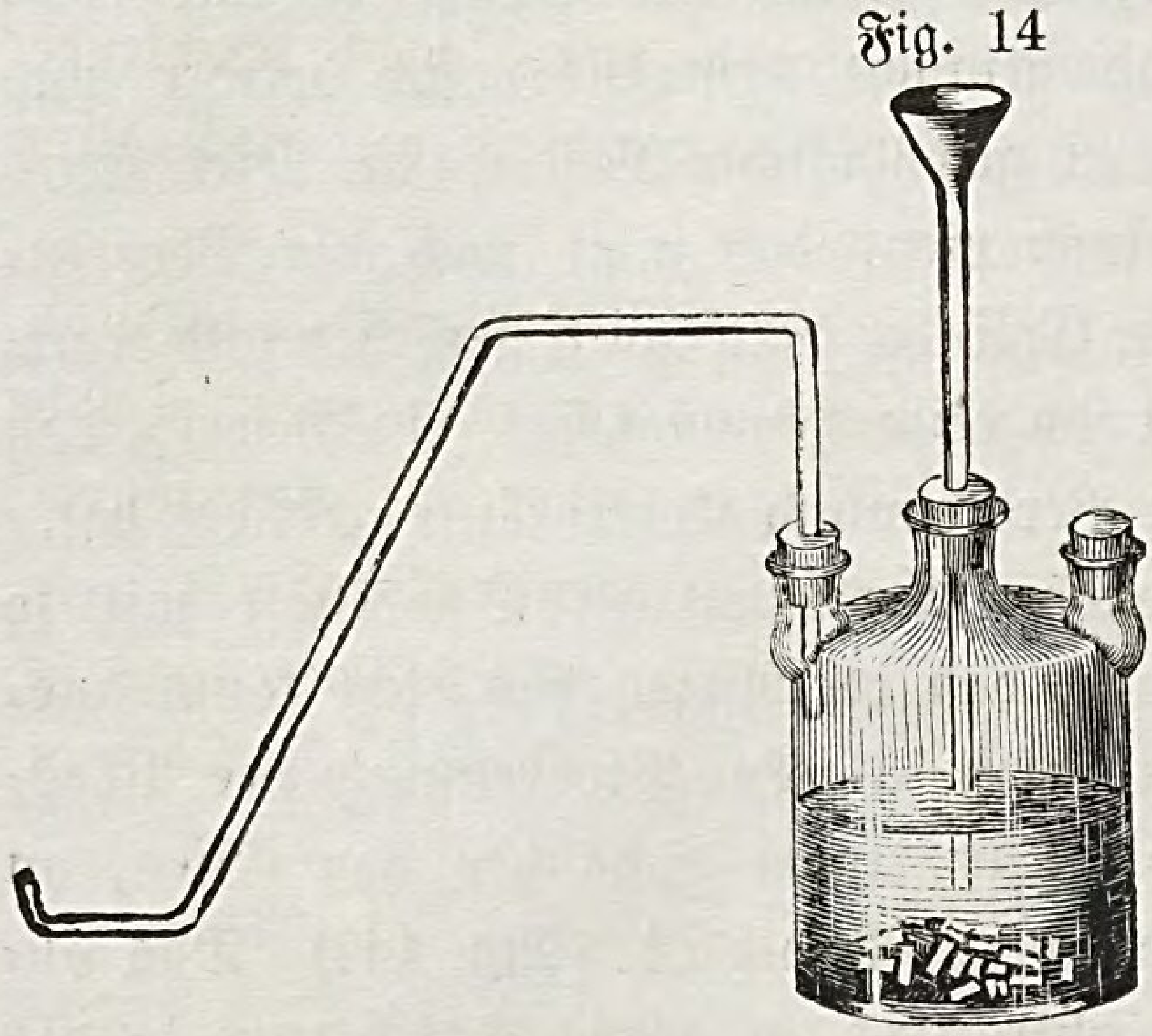
3) Einem Eisendraht giebt man durch Aufwinden auf einen runden Körper die Form einer Spirale und befestigt an dem einen Ende ein Stück Zunder. Zündet man jetzt den Zunder an und hält hierauf den Draht in ein Gefäß mit Sauerstoffgas, so verbrennt das Eisen unter prächtigem Funkensprühen. Der Draht darf nicht zu dünn sein. (Fig. 13.)

4) Schwefel verbrennt im Sauerstoff mit schön blauer Flamme. Die Verbrennung wird wie die des Phosphors bewerkstelligt. Nach derselben ist im Cylinder dasselbe erstickend riechende saure Gas, die schweflige Säure, welche sich auch beim Verbrennen des Schwefels an der Luft bildet.

## 2. Darstellung des Wasserstoffes.

a) In eine Woulf'sche Flasche (Fig. 14) bringt man Streifen von Zinkblech, übergießt dieselben mit Wasser und setzt dann Schwefelsäure zu. Die Entwicklung des Wasserstoffgases beginnt augenblicklich; allein dasselbe darf nicht sogleich aufgesammelt werden, sondern man wartet etwa fünf Minuten, bis alle Luft aus der Flasche ausgetrieben ist. Es ist dieß hier noch besonders deßhalb nothwendig, weil, wenn noch etwas Sauerstoff der Luft dem Gase

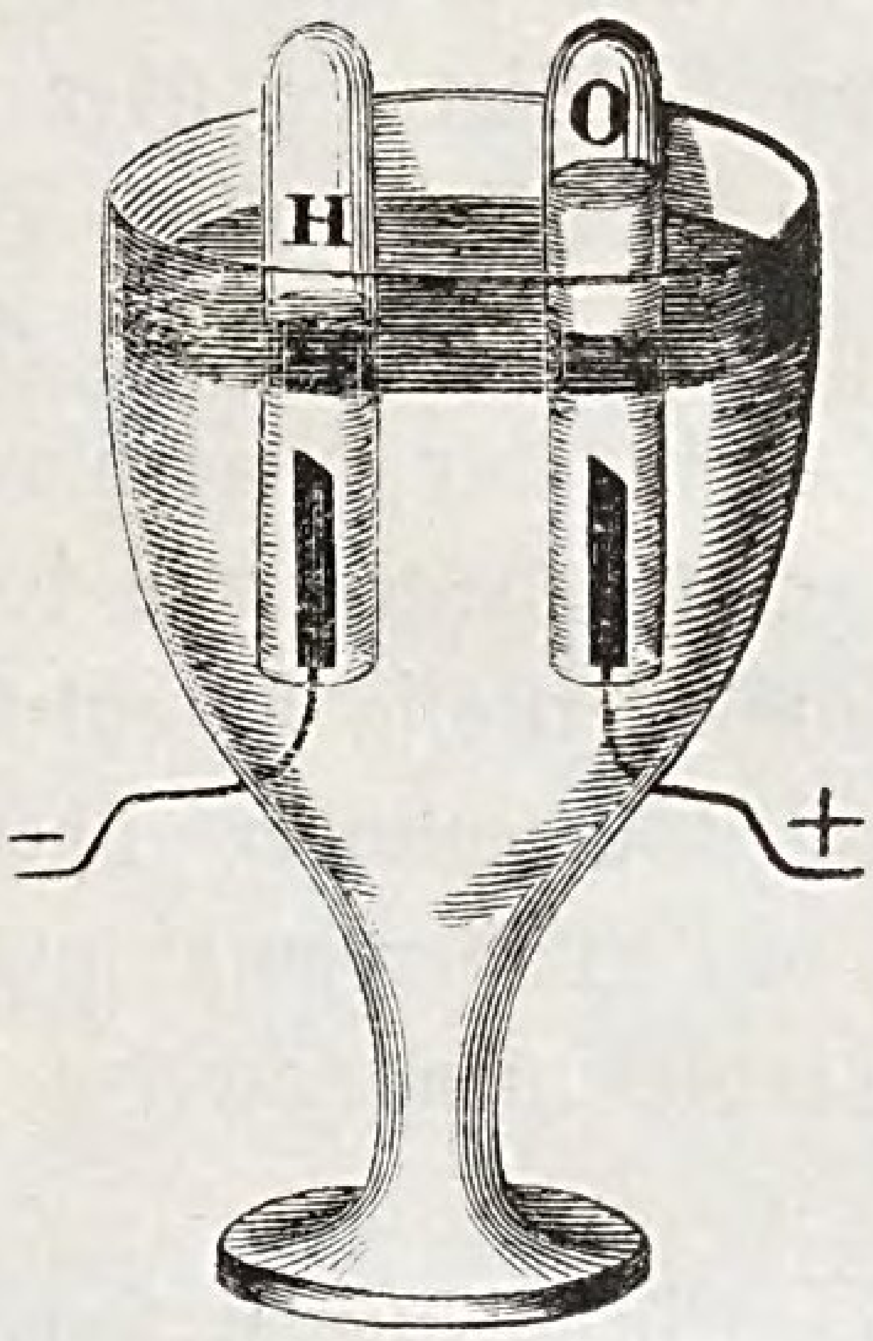
Fig. 14



beigemischt wäre, beim Anzünden desselben eine Explosion entstünde.

b) Eine sehr interessante Darstellung des Wasserstoffes besteht darin, daß Wasser durch den galvanischen Strom zerlegt wird, falls man eine Batterie zur Disposition hat. Außer etwa zwei Bunsen'schen Elementen ist dazu der Apparat (Fig. 15) nothwendig. Man füllt das Becherglas mit Wasser, unter Zusatz von etwas Schwefelsäure. Hierauf werden zwei Gläschen mit angesäuertem Wasser gefüllt und über die Platinstreifen gesetzt. Das eine Ende der Batterie wird dann vermittelst eines Kupferdrahtes mit dem einen, das andere Ende mit dem andern Platinstreifen verbunden. Das Wasser besteht aus 2 Volumen Wasserstoff und aus einem Volumen Sauerstoff; daher sammelt sich bei der Zerlegung des Wassers durch die Electricität im einen Gläschen doppelt so viel Gas an, als im andern. Es ist nachher leicht, zu zeigen, daß die Gase in den Gläschen von verschiedener Natur sind. Nimmt man die Gläschen über den Platinstreifen weg, indem man sie mit dem Finger verschließt, so wird der Wasserstoff beim Anzünden mit schwach leuchtender Flamme verbrennen; der Sauerstoff dagegen ein nur noch glimmendes Zündhölzchen wieder entzünden.

Fig. 15

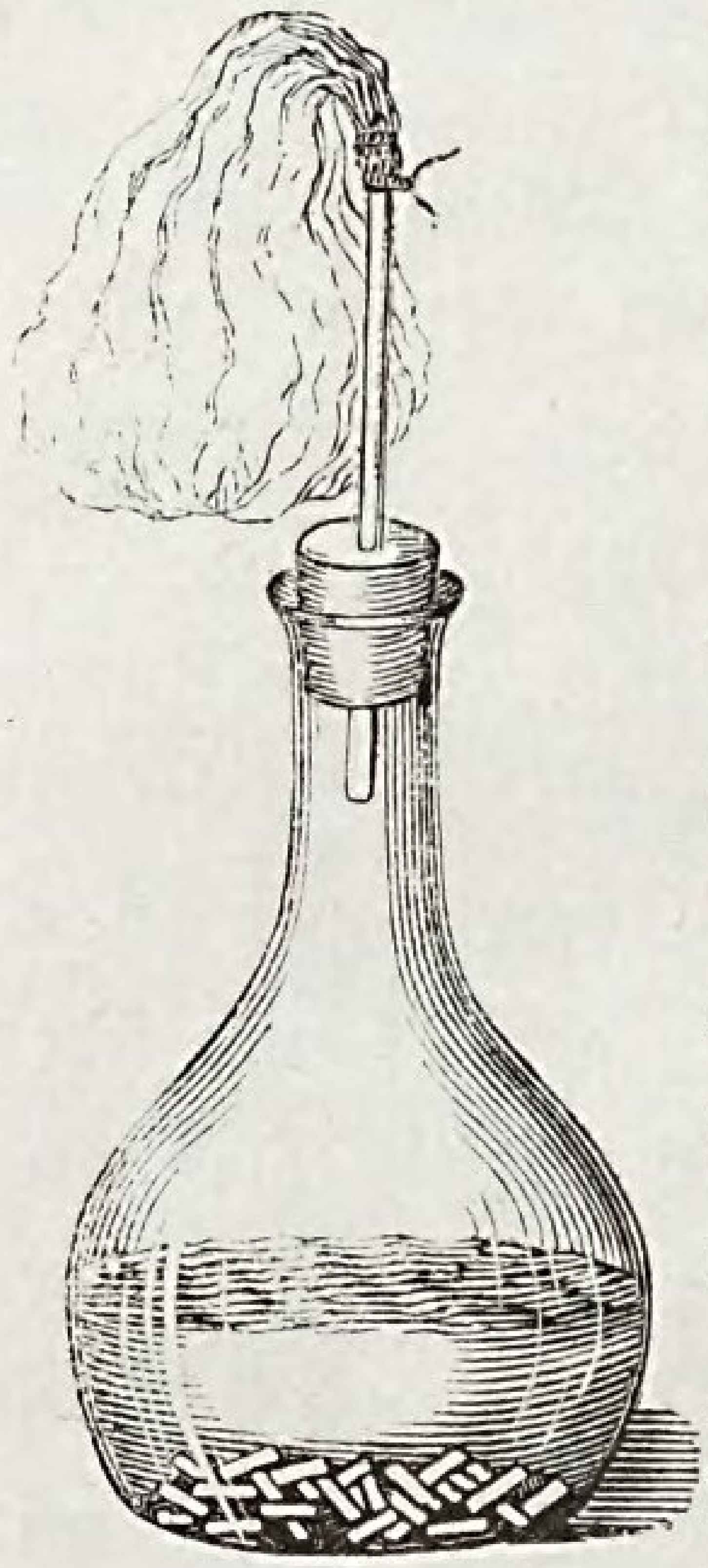



Experimente: 1) Von einem Cylinder mit Wasserstoffgas wird die Gasplatte abgehoben und ein brennender Spahn darüber gehalten. Das Wasserstoffgas verbrennt mit schwach leuchtender Flamme aber intensiver Wärmeentwicklung.

2) Ein bloß noch glimmender Spahn in Wasserstoffgas gehalten, erlischt sogleich; ein Beweis, daß der Wasserstoff die Verbrennung nicht unterhält.

3) An eine Flasche (Fig. 16), in der sich Wasserstoff entwickelt, befestigt man vermittelst eines Bindfadens einen kleinen Ballon aus Collodium oder Goldschlägerhaut. Nachdem er mit

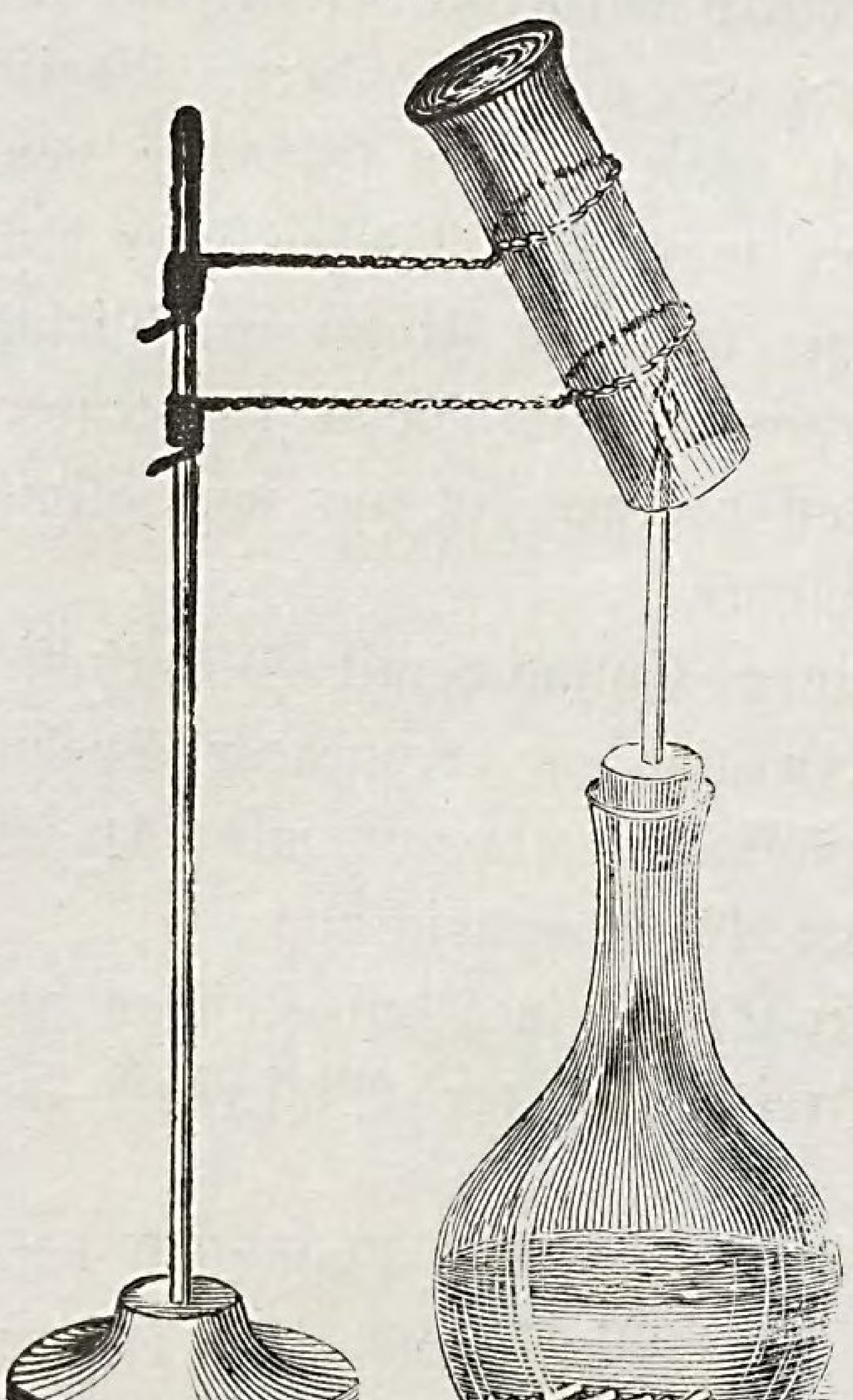
Fig. 16.



Wasserstoff angefüllt ist, wird er von der Glasröhre losgemacht und durch Zuziehen des Bindfadens verschlossen; er steigt in Folge des geringen spec. Gewichtes des Wasserstoffgases mit Leichtigkeit in die Höhe.

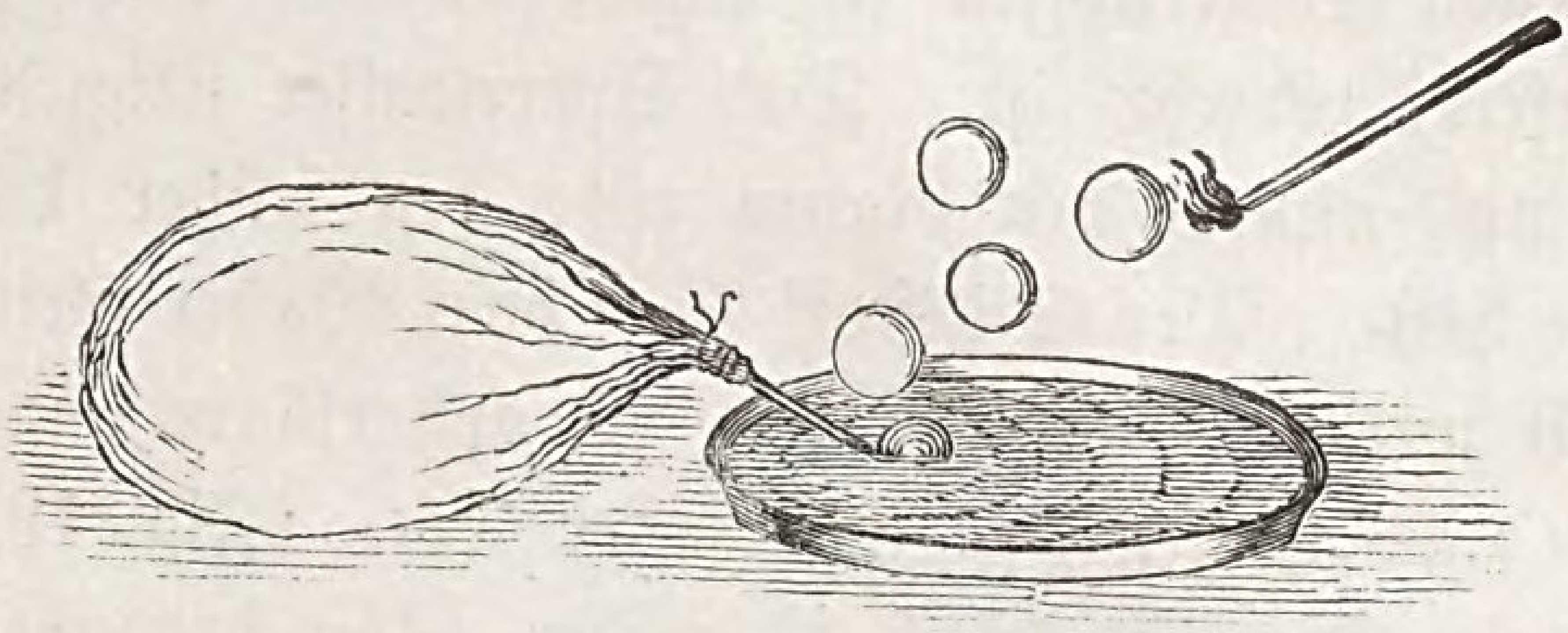
4) Das Verbrennungsprodukt des Wasserstoffes ist nichts anderes als Wasser. Um dieß zu zeigen, zieht man eine Glasröhre in eine Spitze aus, bricht sie ab, so daß eine kleine Oeffnung bleibt und befestigt sie über einer Flasche, nachdem man in dieselbe Zink, Wasser und Schwefelsäure gegossen hat. Nach einiger Zeit wird über die Spitze der Glasröhre ein brennendes Zündhölzchen gehalten und dadurch das ausströmende Wasserstoffgas entzündet. Befestiget oder hält man jetzt einen Glascylinder über die Flamme, so beschlägt er sich sogleich mit Wasserdampf und zuletzt sammeln sich die Bläschen zu Tropfen neugebildeten Wassers, die herunter fallen. (Fig. 17.)

Fig. 17.



5) Ein Gemenge von zwei Raumtheilen Wasserstoff und ein Raumthei Sauerstoff brennt mit starker Explosion ab. Das Verbrennungsprodukt ist ebenfalls Wasser. Man sammelt die Gase in einer Blase, die mit einer Spitze versehen ist. Wird die Spitze nun in einen Teller gehalten, worin sich Seifenwasser befindet, so gelingt es leicht, Seifenblasen zu erzeugen, die in die Luft aufsteigen. Jede Blase zerplatzt mit **starkem** Knall, wenn man dieselbe mit einem brennenden Spahne berührt. (Fig. 18.) Mit einer Electrisirmaschine und einer

Fig. 18.



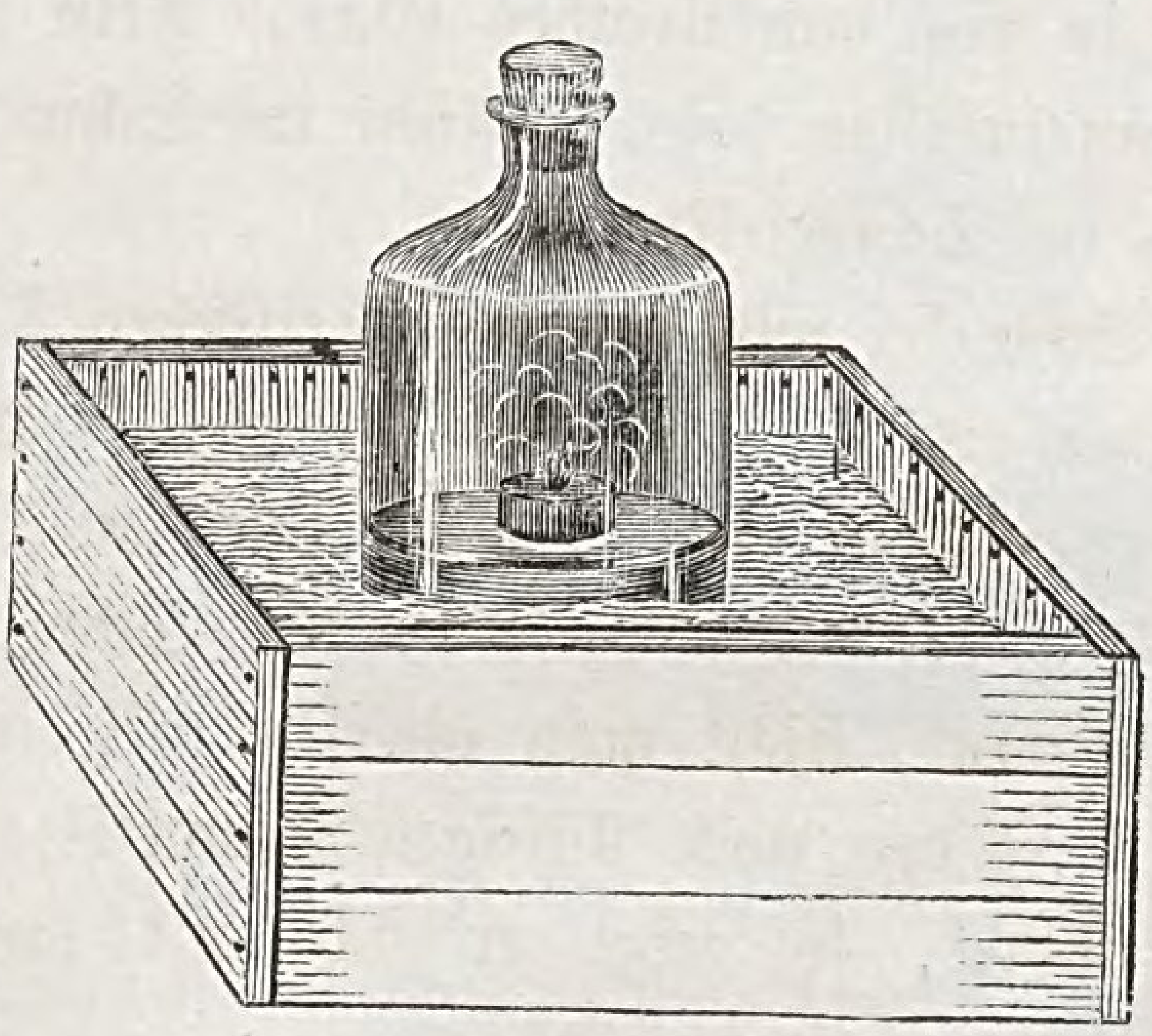
electrischen Pistole ist das Experiment noch einfacher auszuführen.

6) Das Zink löst sich während der Entwicklung des Wasserstoffes in der Flasche nach und nach auf und zuletzt ist nichts mehr darin als eine klare Flüssigkeit, die beim Eindampfen Zinkvitriol in schönen Krystallen giebt. Die Darstellung des Zinkvitriols dient dazu, den Prozeß vollständig zu veranschaulichen.

## 3. Darstellung des Stickstoffes.

Man stellt den Stickstoff am einfachsten aus der atmosphärischen Luft dar, die der Hauptsache nach ein Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff ist. Die Aufgabe besteht also darin, aus einem abgeschlossenen Luftvolumen den Sauerstoff zu entfernen. Es ist dieß leicht zu bewerkstelligen, indem darin ein Körper, am zweckmäßigsten Phosphor, verbrannt wird, der bei

Fig. 19.



der Verbrennung das Sauerstoffgas aufnimmt. Die Wasserwanne wird größtentheils mit Wasser gefüllt und darauf ein Stück Kork gelegt, auf welchem man zuvor den Deckel eines Porzellantigels befestiget hat. In den Deckel legt man ein Stückchen mit einem Handtuch abgetrockneten Phosphor, zündet es an und stülpt eine Glasglocke darüber, die oben eine Oeffnung hat, welche mit einem Korkzapfen hermetisch verschlossen sein

muß. Der Phosphor verbrennt auf Kosten des in der Luft der Glocke enthaltenen Sauerstoffes zu Phosphorsäure und erlischt, nachdem derselbe verzehrt ist. Das Sperrwasser steigt in der Glocke empor und nimmt den Raum ein, den früher das Sauerstoffgas inne hatte. Der Stickstoff über dem Wasser bleibt eine Zeit lang mit weißen Dämpfen von Phosphorsäure angefüllt, die sich aber nach kurzer Zeit im Wasser löst. (Fig. 19.)

Experimente. Der Stickstoff ist weder selbst brennbar, wie der Wasserstoff, noch unterhält er die Verbrennung, wie der Sauerstoff. Um letztere Eigenschaft zu zeigen, wird der Kork der Glasglocke weggenommen und dann rasch ein brennender Spahn hineingeschoben, der sogleich erlischt. Aus dem Experiment ergiebt sich, daß die Luft aus $^1/_5$ Sauerstoff besteht, der allein die Verbrennung der Körper bewirkt, während der andere Theil, der Stickstoff, die Verbrennung nicht unterhält, sondern bloß den Sauerstoff verdünnt.

## 4. Schwefel.

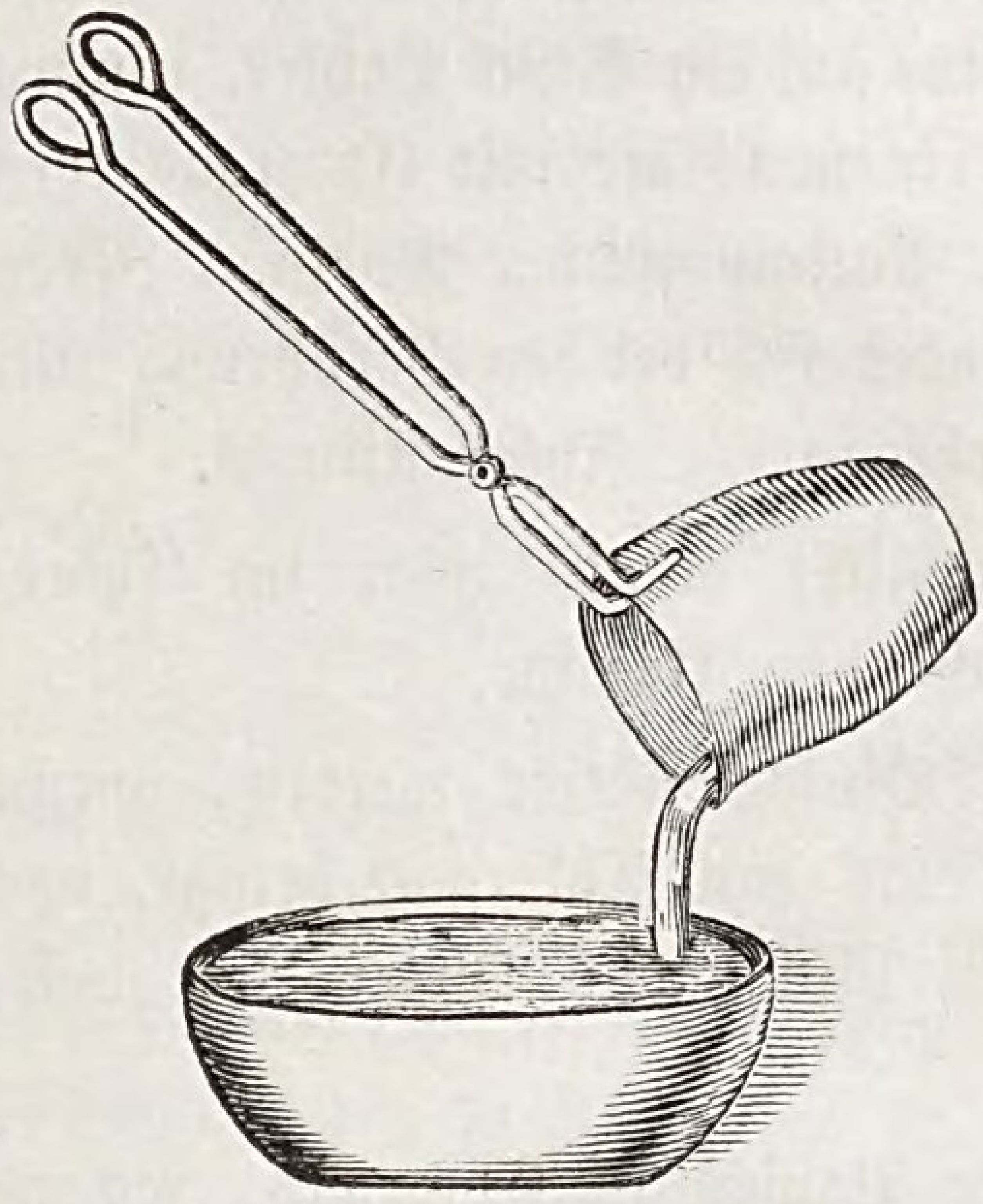
Er kommt im Handel entweder in Form von Stangen oder fein zertheilt als Schwefelblumen vor. Beide werden vorgelegt.

Experimente. 1) Man bringt ein Stück Schwefel in ein Kölbchen und erhitzt; der Schwefel schmilzt bei 111 ° zu einer dünnen Flüssigkeit, beim weitern Erhitzen wird er dickflüssig und verwandelt sich bei 400 ° in ein dunkelrothes Gas. Fein zertheiltes Kupfer, das man hineinfallen läßt, erglüht im Schwefeldampf und verwandelt sich in Schwefelkupfer.

2) Ein anderer Theil Schwefel wird in einen hessischen Tigel gebracht und zum Schmelzen erhitzt. Ist dieß erfolgt, so wird der Tigel vom Kohlenfeuer entfernt und erkalten gelassen. So bald sich nun beim Erkalten an der Oberfläche des Schwefels eine feste Decke zu bilden beginnt, sticht man dieselbe mit einem eisernen Draht durch und leert den noch flüssigen Schwefel aus; zerschlägt man jetzt den Tigel, so zeigt er sich mit langen Krystallnadeln angefüllt.

3) Gießt man Schwefel, der in einem hessischen Tigel geschmolzen worden ist, in ein Becken mit kaltem Wasser, so bildet

Fig. 20.



er eine rothbraune zähe Masse, die nach Verfluß von 2 — 3 Tagen wieder gelb und spröde wird. (Fig. 20.)

4) Ein inniges Gemenge von Eisenfeile und Schwefelblumen, das man in ein Glasröhrchen bringt und an einer Stelle erhitzt, erglüht plötzlich durch die ganze Masse hindurch, in Folge der auftretenden Wärme bei der chemischen Vereinigung von Schwefel mit Eisen.

## 5. Darstellung des Chlors.

In einen Kolben mit etwas langem Halse (Fig. 21) bringt man das Gemisch von Braunstein und Kochsalz, gießt concentrirte Schwefelsäure darüber und setzt hierauf den Kork mit Gasleitungsrohr auf. Die Gasentwicklung, welche Anfangs stürmisch ist, läßt bald nach und wird jetzt durch Zuführung von Wärme befördert, indem man den Kolben über einen Ofen mit glühenden Kohlen oder eine Spirituslampe setzt Das Chlorgas muß über heißem Wasser aufgefangen werden; weil kaltes Wasser ein viel größeres Quantum davon verschluckt und dadurch den Experimentator belästigt. Statt das Gas in Cylinder aufsteigen zu lassen, kann man auch bloß Gläser mit eingeriebenem Stöpsel verwenden. (Fig. 22.)

Fig. 21.

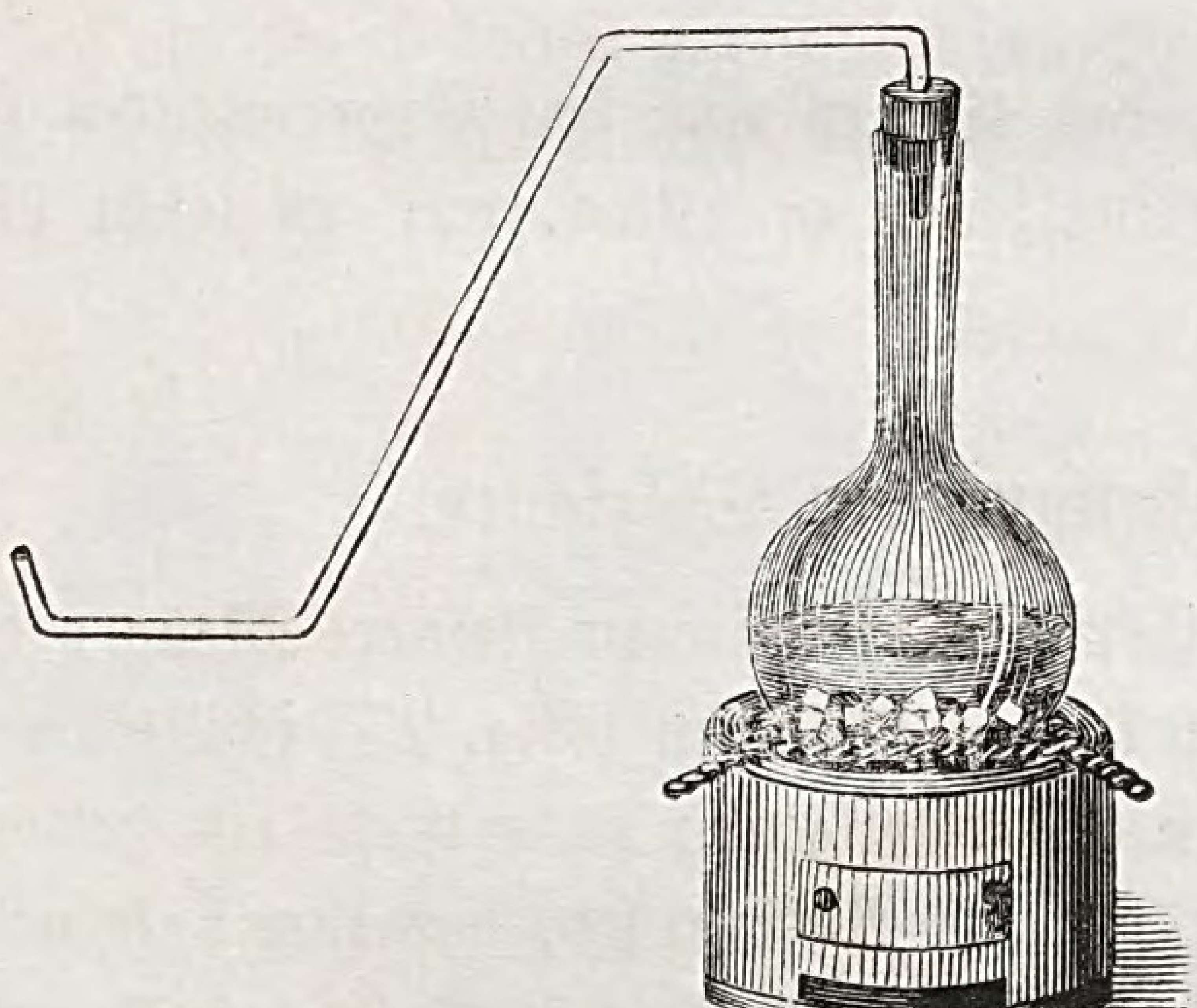
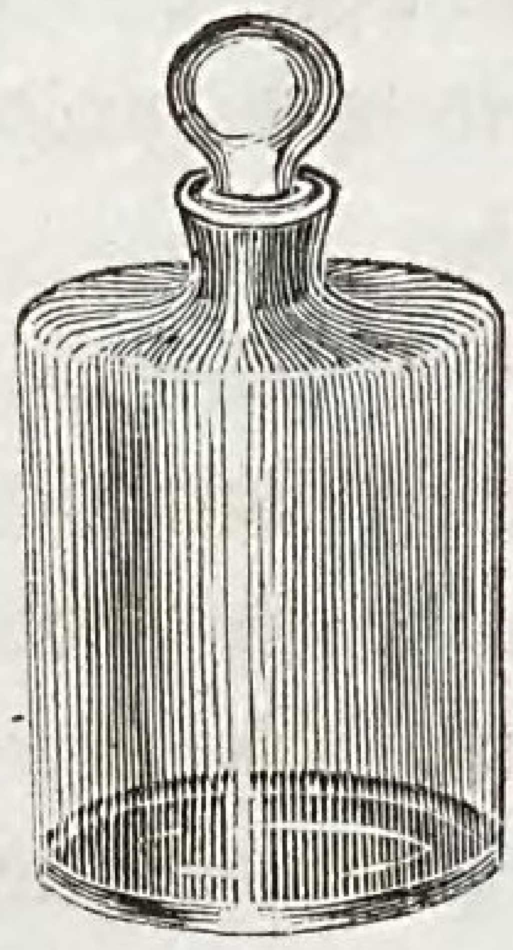


Fig. 22.



Experimente. 1) Man pulverisirt Antimon, bringt dasselbe auf ein Stück Papier, nimmt den Stöpsel von einem Glase mit Chlorgas weg und schüttet das Antimonpulver hinein. Jedes Partikelchen entzündet sich bei der Berührung mit Chlorgas und verbrennt zu Chlorantimon.

2) Ein Wachslicht brennt zwar im Chlorgas, aber mit rußender Flamme.

3) Gefärbte Blumenblätter werden, wenn man sie in ein Glas mit Chlorgas bringt, das Glas wieder zuschließt und stehen läßt, nach kurzer Zeit vollkommen gebleicht.

4) Schiebt man zwei Stücke Papier in Chlorgas, wovon das eine mit Dinte überschrieben, das andere überdruckt ist, so wird die Dinte zerstört, die Druckschrift aber nicht; weil die Kohle, woraus die Druckschwärze hauptsächlich besteht, vom Chlorgas nicht angegriffen wird.

5) Durch Einleiten von Chlorgas in ein Gefäß mit Wasser entsteht das Chlorwasser, das denselben Geruch wie Chlor und einen herben Geschmack besitzt. Es hat ebenfalls bleichende Eigenschaft.

Bei der Darstellung des Chlors und den Experimenten hat man sich sehr vor dem Einathmen zu hüten, weil es leicht böse Zufälle herbeiführt.

## 6. Darstellung der Salzsäure.

Zur Anstellung der Experimente können kleinere Mengen des Gases genügen. In ein kleines Kölbchen (Fig. 23) schüttet man etwas Kochsalz und dann Schwefelsäure; es entsteht ein heftiges Aufbrausen, das aber bald nachläßt. Das Gasleitungsrohr wird nun auf dem Kölbchen befestiget und das Gemenge von Kochsalz und Schwefelsäure über einer Spirituslampe erwärmt. Das Salzsäuregas darf nicht über

Fig. 23.



Wasser aufgesammelt werden, sondern über Quecksilber, welches sich in einem Gefäß aus Porzellan befindet. Eine gewöhnliche Reibschale ist dazu genügend, wenn nicht eine specielle Quecksilberwanne zur Verfügung steht. Das Gas wird in einem Probirgläschen aufgefangen.

1) Das Gas ist farblos, raucht aber, sobald es mit der Luft in Berührung kömmt.

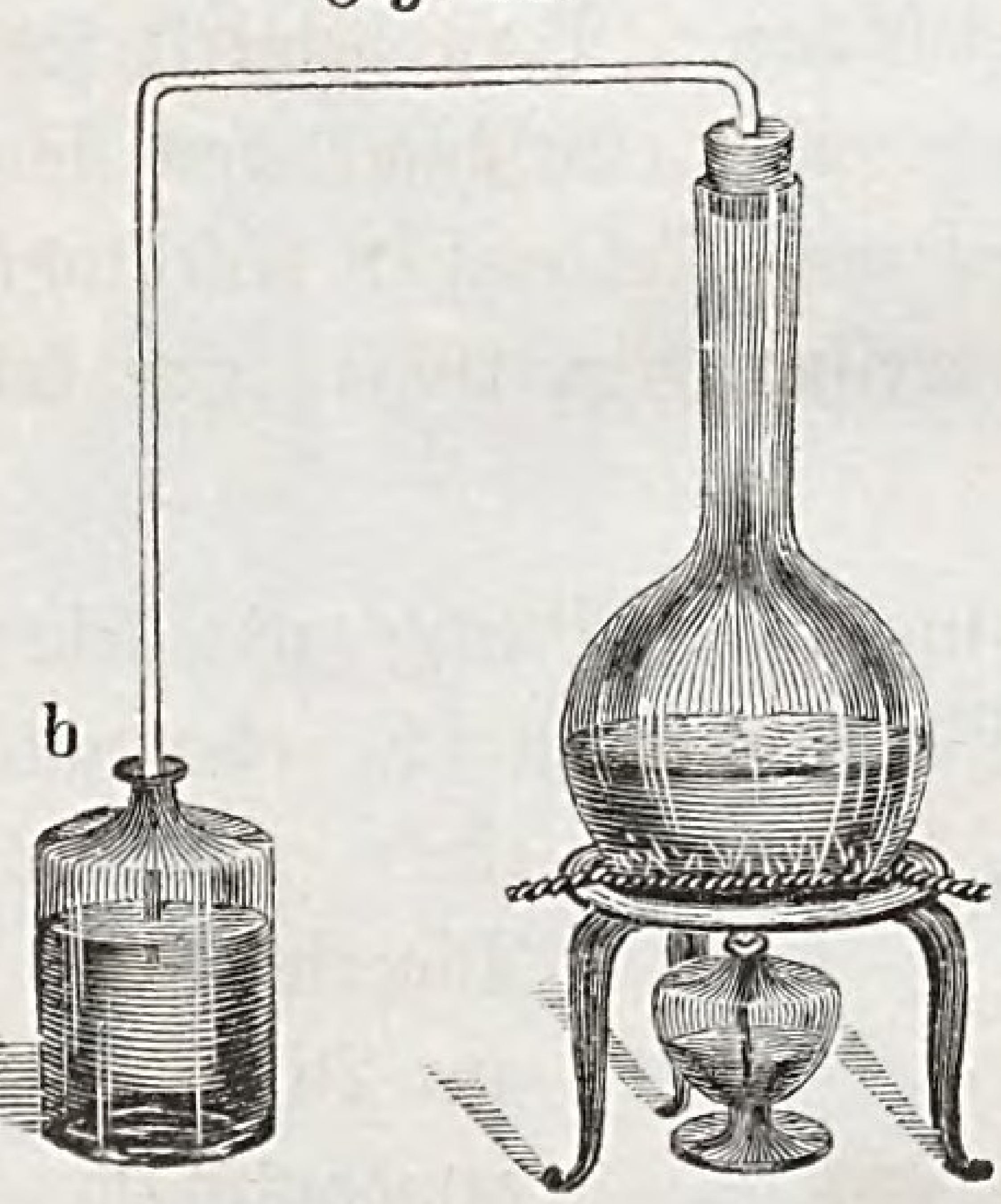
2) Ein brennender Spahn erlöscht in demselben sogleich.

3) Ein Streifen Lackmuspapier wird auf der Stelle durch das Gas geröthet.

4) Wenn ein Gläschen, das mit Salzsäuregas gefüllt ist, ist, in ein Becken mit Wasser gehalten und dann der Finger entfernt wird, so stürzt das Wasser mit Heftigkeit in das Gefäß hinauf, weil die Salzsäure vom Wasser mit großer Begierde aufgenommen wird.

5) Die Salzsäure des Handels ist Wasser, in welches Salzsäuregas bis zur Sättigung eingeleitet worden ist. Um sie darzustellen, dient der Apparat (Fig. 24). Das Gasleitungsrohr braucht nur etwas unter die Oberfläche des Wassers in der Flasche b zu reichen, nicht auf den Boden. Die oberste Schicht des Wassers sättigt sich nämlich bald mit Salzsäure, wird dadurch specifisch schwerer und sinkt nieder, so daß stets neue Schichten ungesättigten Wassers mit dem Gase in Berührung kommen. Ist das Wasser vollkommen mit Gas gesättigt, so raucht es an der Luft und hat denselben erstickenden Geruch wie das Gas.

Fig. 24.



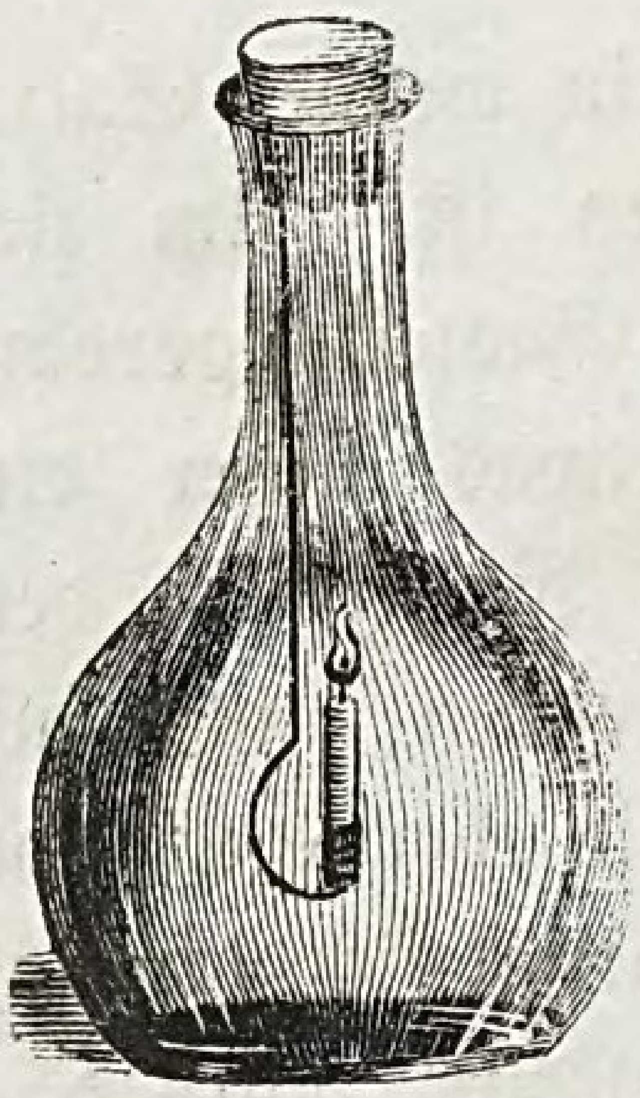

## 7. Darstellung der Kohlensäure.

Die Nachweisung der freien Kohlensäure geschieht durch Kalkwasser. Man löscht zu diesem Zweck Aetzkalk, gießt hierauf einen großen Ueberschuß von Wasser hinzu und filtrirt das Ge-

löste vom Ungelösten ab. Das Kalkwasser stellt eine klare, alkalisch schmeckende und reagirende Flüssigkeit dar und zieht mit Begierde Kohlensäure aus der Luft an, weßhalb es in gut verschließbaren Gefäßen aufbewahrt werden muß. Kömmt Kohlensäure mit Kalkwasser zusammen, so entsteht eine Trübung oder ein weißer Niederschlag, indem sich die Kohlensäure mit der Kalkerde zu im Wasser unlöslicher kohlensaurer Kalkerde vereinigt.

1) Um zu zeigen, daß beim Athmen Kohlensäure ausgehaucht wird, gießt man in ein Glas etwas klares Kalkwasser und bläst vermittelst eines Glasröhrchens hinein. Es entsteht zuerst eine Trübung und dann ein Absatz von kohlensaurem Kalk, der sich auf Zusatz von etwas Salzsäure unter Aufbrausen löst.

Fig. 25.



2) Beim Verbrennen von Holz oder Fett, z. B. einer Kerze, entstehen Kohlensäure und Wasser. In einen ganz getrockneten Kolben (Fig. 25) wird ein brennender Spahn oder ein kleines Kerzchen an einem Drahte gehalten, bis sie von selbst erlöschen. Man bemerkt jetzt an den Glaswänden einen Beschlag von Wasserdampf und wenn man Kalkwasser hineinschüttet, so entsteht ein weißer Niederschlag von kohlensaurem Kalk.

3) Die Kohlensäure wird in großer Menge und leicht erhalten, indem man in einer Woulf'schen Flasche oder auch in einen gewöhnlichen Digerirkolben (Figur 26) Stücke von gewöhnlichem kohlensaurem Kalk mit verdünnter Salzsäure übergießt. — Nachdem die Luft ausgetrieben ist, sammelt man das Gas in der Wasserwanne über Wasser, von dem es verhältnißmäßig nur in geringer Menge absorbirt wird.

Fig. 26.

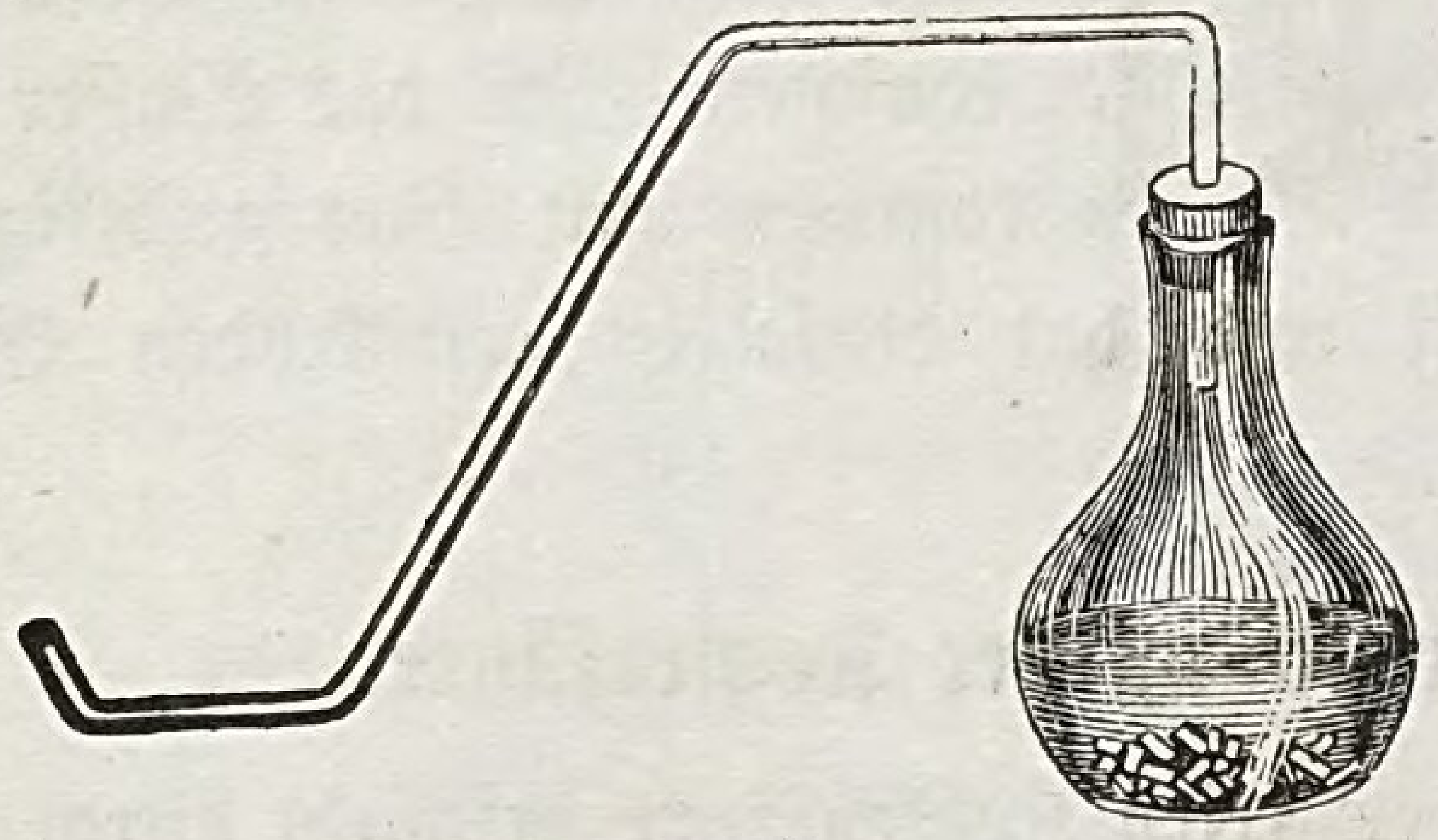
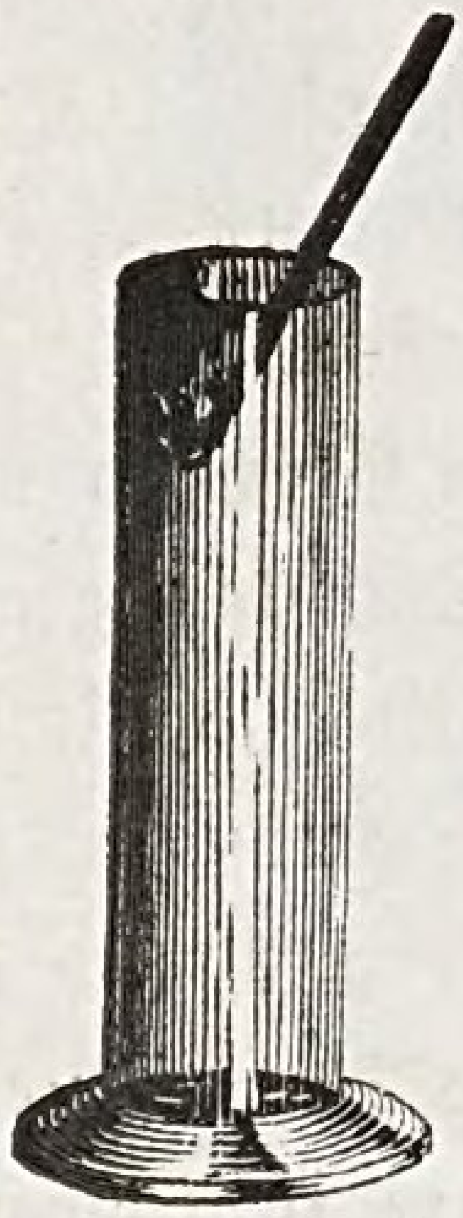


Fig. 27.



Experimente. 1) Ein mit Wasser befeuchtetes Stück Lackmuspapier wird von Kohlensäure geröthet.

2) Ein brennender Spahn in Kohlensäure getaucht, erlischt, indem die Kohlensäure weder die Verbrennung noch das Athmen der Thiere unterhält. (Fig. 27.)

3) Aus der Kohlensäure kann der Kohlenstoff durch erhitztes Kalium oder Natrium ausgeschieden werden. Wie der Versuch vorgenommen wird, versinnlicht die Fig. 28. In der Flasche a entwickelt sich aus kohlensaurem Kalk und Salzsäure Kohlensäure, welche beim Durchgang durch das Chlorcalciumrohr b getrocknet wird, dann in die Retorte c gelangt, wo sie die atmosphärische

Fig. 28.

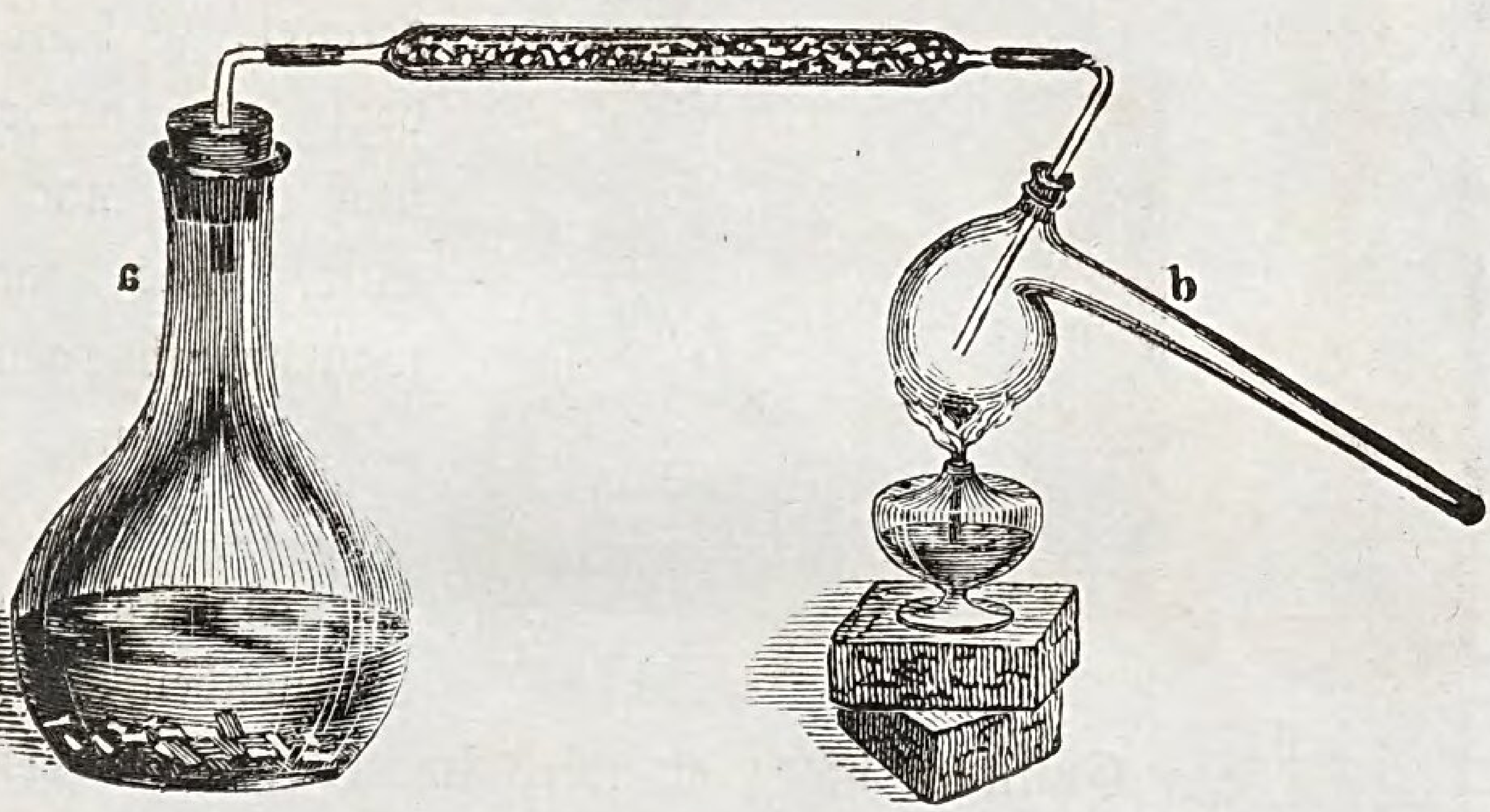
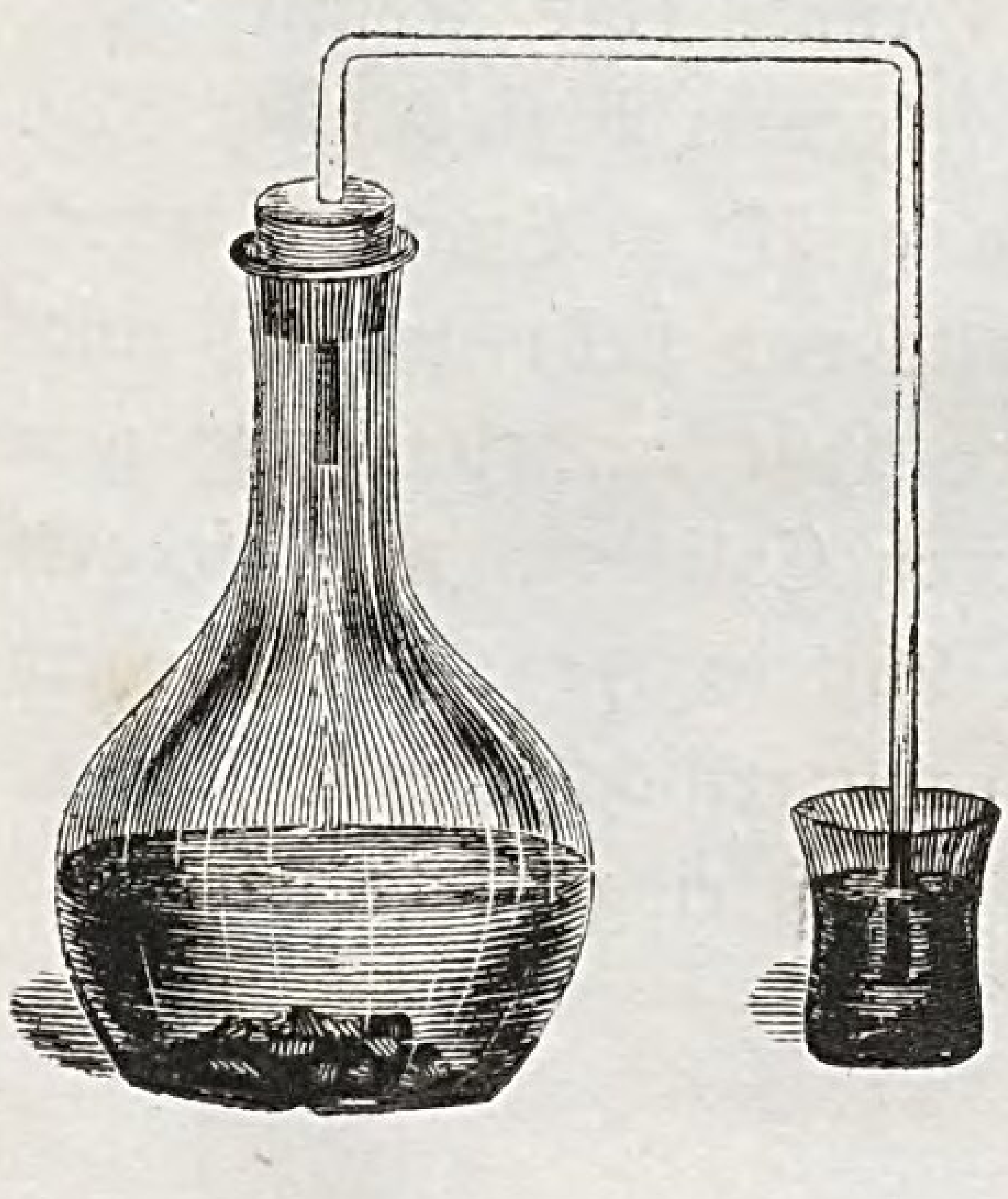



Fig. 29.

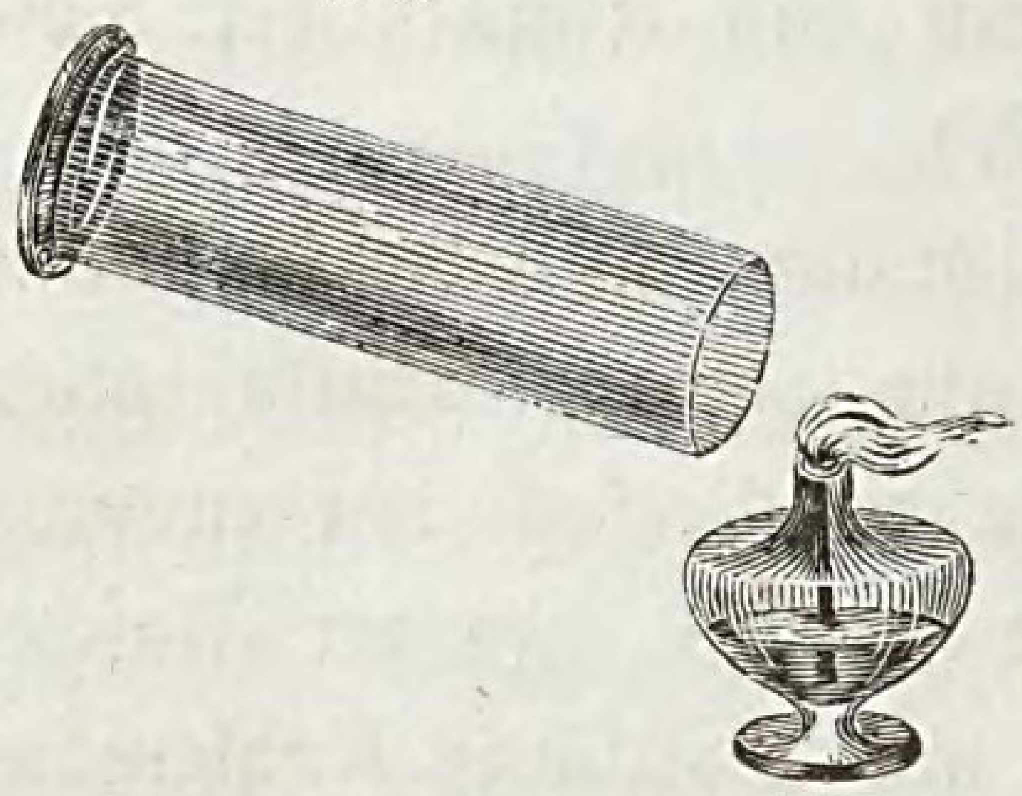


Luft verdrängt und nun ihre Stelle einnimmt. Durch schwaches Erhitzen des Kaliums oder Natriums steigt die Verwandtschaft der beiden Metalle so weit, daß sie der Kohlensäure unter Feuer-Erscheinung den Sauerstoff entziehen und Kohle ausscheiden.

4) Kohlensäure in Kalkwasser geleitet (Fig. 29) bringt

zuerst einen weißen Niederschlag hervor, der beim fortgesetzten Einleiten wieder verschwindet, indem der einfach kohlensaure Kalk in lösliche doppelt kohlensaure Kalkerde übergeht. Es erklärt sich hieraus das Vorkommen der Kalkerde im Quellwasser.

Fig. 30.



5) Man füllt einen Cylinder mit Kohlensäure und hält ihn schief gegen eine Flamme (Fig. 30). Nimmt man nun die Glasplatte ab, so strömt die Kohlensäure aus und erlöscht die Flamme aus der Ferne.

6) Die Kohlensäure ist schwerer als die Luft und wird deßhalb Kohlensäure auf den Boden eines mit Luft gefüllten Cylinders geleitet, so bleibt sie darin und verdrängt nach und nach die Luft, was dadurch wahrnehmbar gemacht werden kann, daß man in kurzen Zwischenräumen einen brennenden Spahn in den Cylinder hält; er wird immer weiter oben erlöschen. (Fig. 31).

Fig. 31.

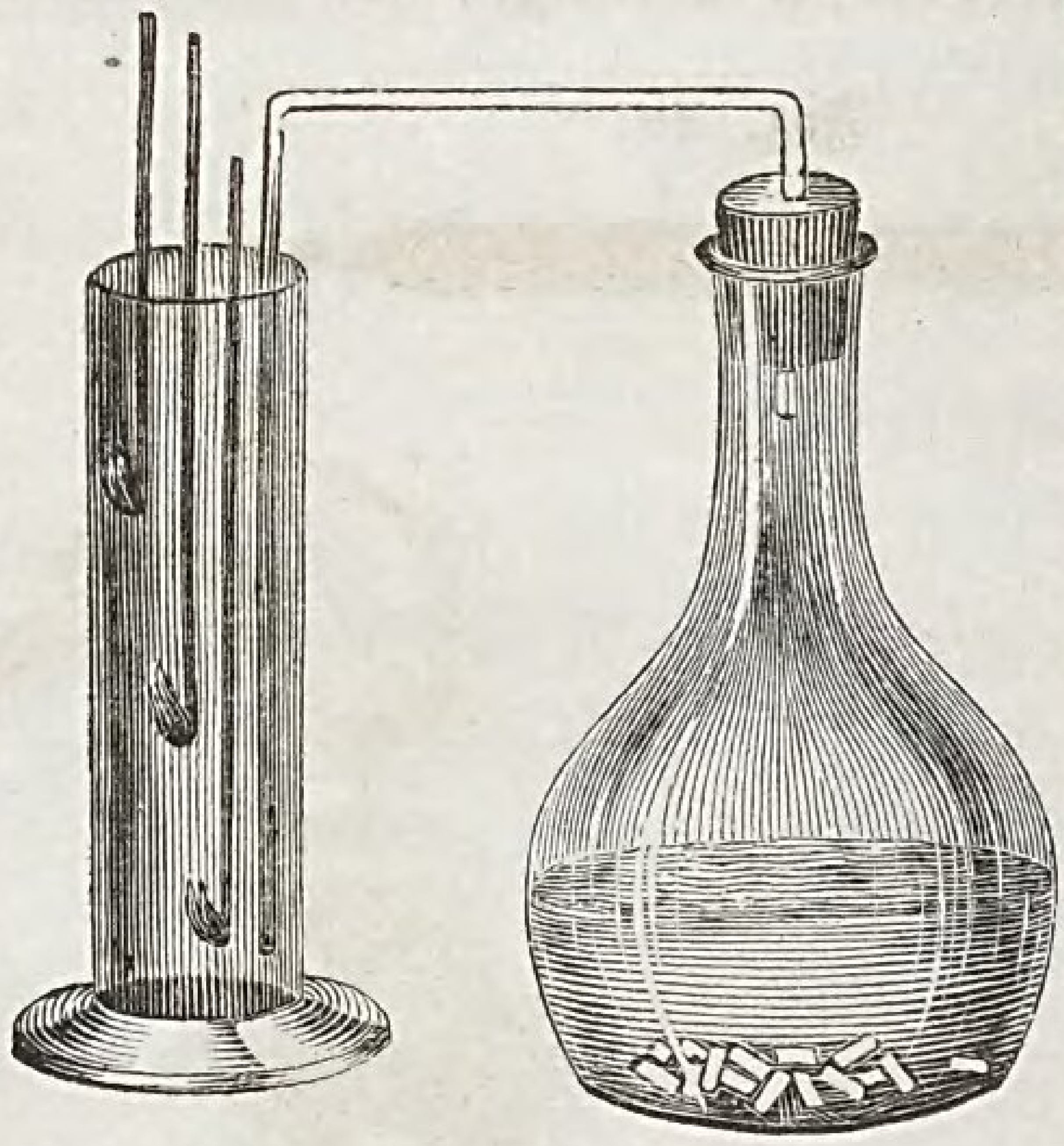
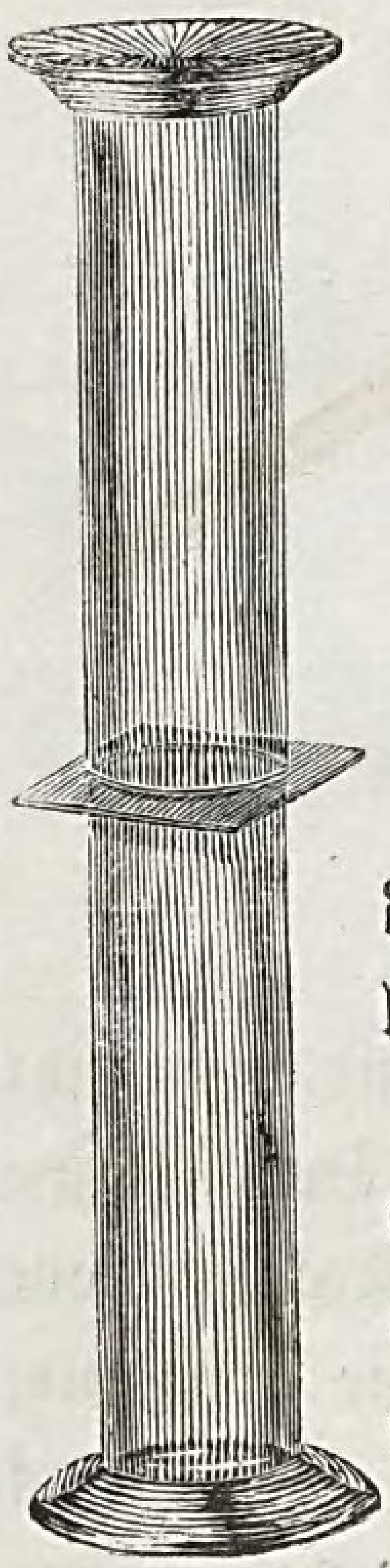


Fig. 32.



7) Auf demselben Grunde (des größeren spec. Gewichtes) beruht auch folgender Versuch (Fig. 32). Einen mit Kohlensäure gefüllten Cylinder bedeckt man mit einer Glasplatte und stellt ihn auf einen andern, der gewöhnliche Luft enthält, zieht man nun die Glasplatte zwischen den beiden Cylindern weg, so geht die Kohlensäure in den untern, die Luft dagegen in den obern Cylinder über. Ein brennender Spahn erlischt nämlich, wenn er nach einiger Zeit in das untere Gefäß eingetaucht wird.

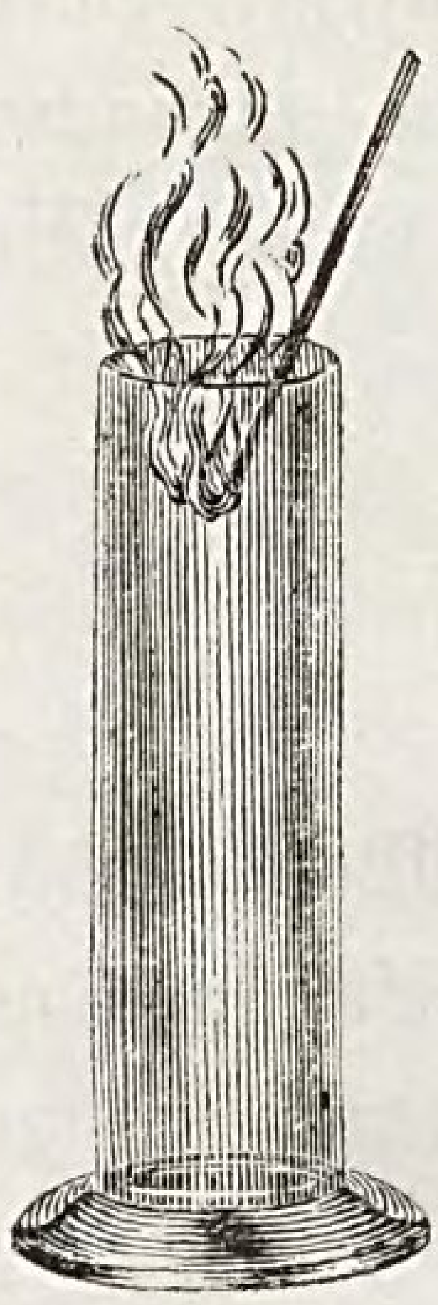
## 8. Schwefelwasserstoff.

Schwefel und Wasserstoff vereinigen sich leicht, wenn sie im Augenblicke zusammentreffen, wo sie aus chemischen Verbindungen frei werden. In eine Digerirflasche (siehe Figur 26) wird Schwefeleisen gebracht, dann mit Wasser, hernach mit Schwefelsäure übergossen und das Gas über Wasser aufgefangen.

Experimente. 1) Schwefelwasserstoff röthet ein mit Wasser befeuchtetes Stück Lackmuspapier.

2) Das Gas verbrennt beim Anzünden mit bläulicher Flamme unter theilweiser Ausscheidung von Schwefel zu schwefligter Säure und Wasser. (Fig. 33.)

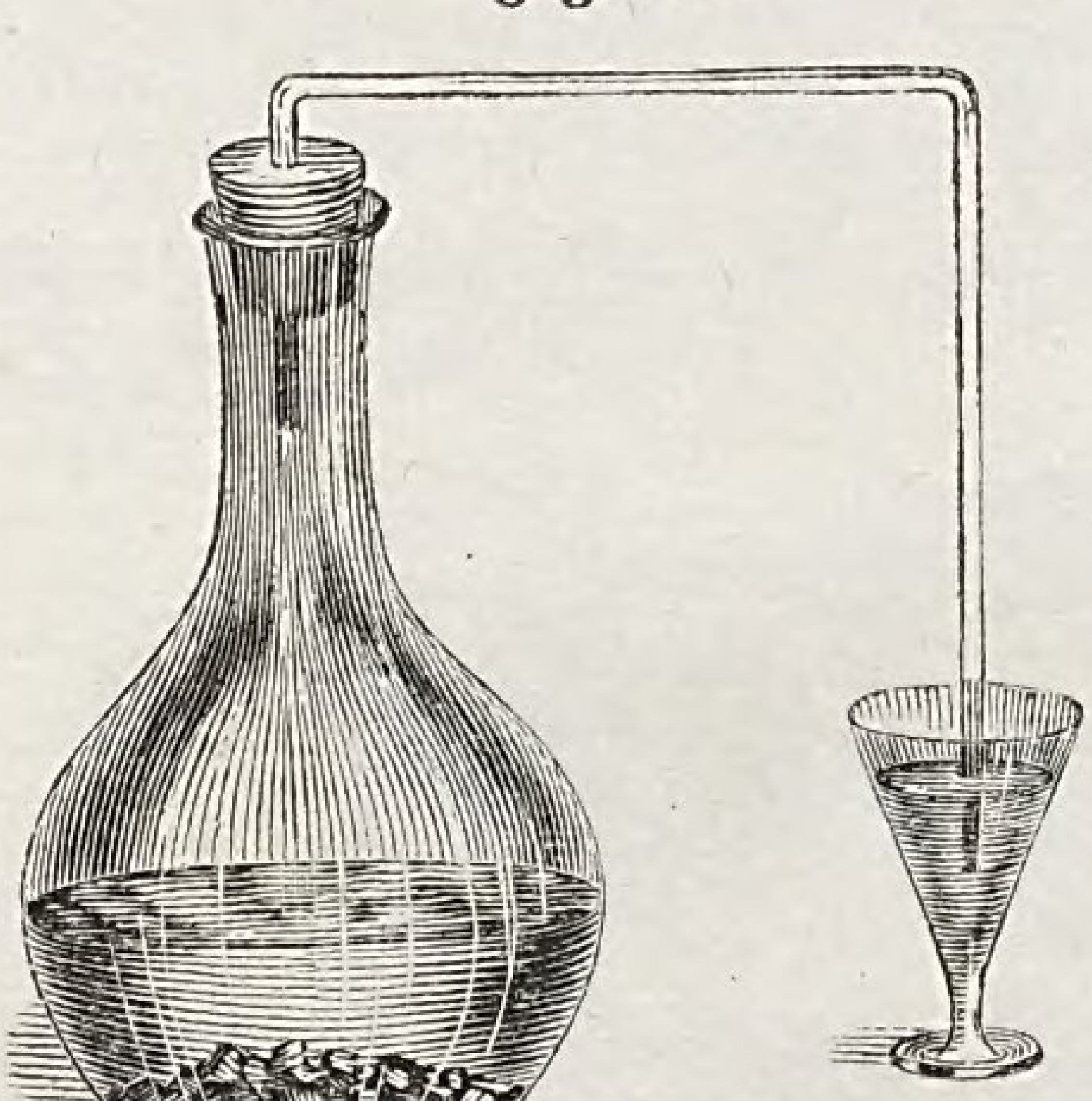
Fig. 33.



3) Schon durch rauchende Salpetersäure läßt sich Schwefelwasserstoff entzünden. Gießt man von der Säure etwas in einen mit Schwefelwasserstoffgas angefüllten Cylinder und deckt dann rasch eine Glasplatte darüber, so entsteht eine kleine Verpuffung, in Folge deren die Glasplatte weggeschleudert wird.

4) Das Schwefelwasserstoffgas ist für den Chemiker von großer Wichtigkeit, indem sich durch dasselbe viele Metalle aus ihren Lösungen als Schwefelverbindungen ausscheiden lassen. Manche Niederschläge haben schöne und theilweise charakteristische Farben. — Löst man daher zum Beispiel etwas Brechweinstein, arsenige Säure und Bleizucker im Wasser, gießt die Lösungen in drei verschiedene Gläser und leitet dann Schwefelwasserstoffgas ein, so entsteht im ersten Glas ein rother, im zweiten ein gelber und im dritten ein schwarzer Niederschlag von Schwefelantimon, Schwefelarsenik und Schwefelblei. Um arsenige Säure (Rattengift) zu lösen, muß man dem Wasser etwas Salzsäure zusetzen. (Fig. 34.)

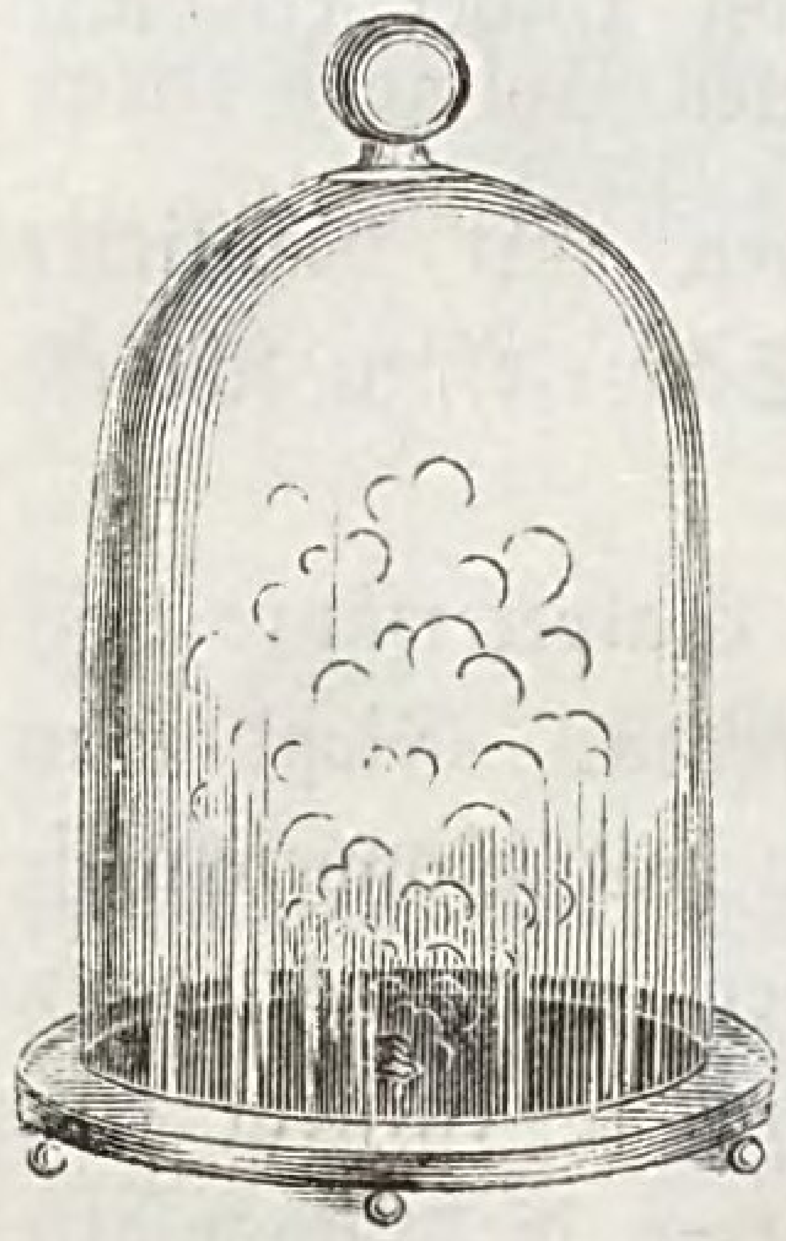
Fig. 34.



## 9. Darstellung der Phosphorsäure.

Eine wasserhaltige unreine Phosphorsäure erhält man durch Uebergießen von gebrannten, pulverisirten Knochen mit Schwefelsäure, Abfiltriren vom Gyps und Eindampfen der Lösung. Reine, wasserfreie Phosphorsäure dagegen bildet sich beim Verbrennen des Phosphors. Auf einen Teller wird ein Stück abgetrockneter Phosphor gebracht, angezündet und mit einer Glasglocke bedeckt. Die Phosphorsäure setzt sich theils auf dem Teller, theils an den Wänden der Glasglocke als ein weißes, lockeres, unkrystallinisches Pulver an, das rasch aus der Luft Wasser anzieht und zerfließt. Beim Zusatz von Wasser entsteht ein schwaches Zischen und die Lösung hat sauren Geschmack. (Fig. 35.)

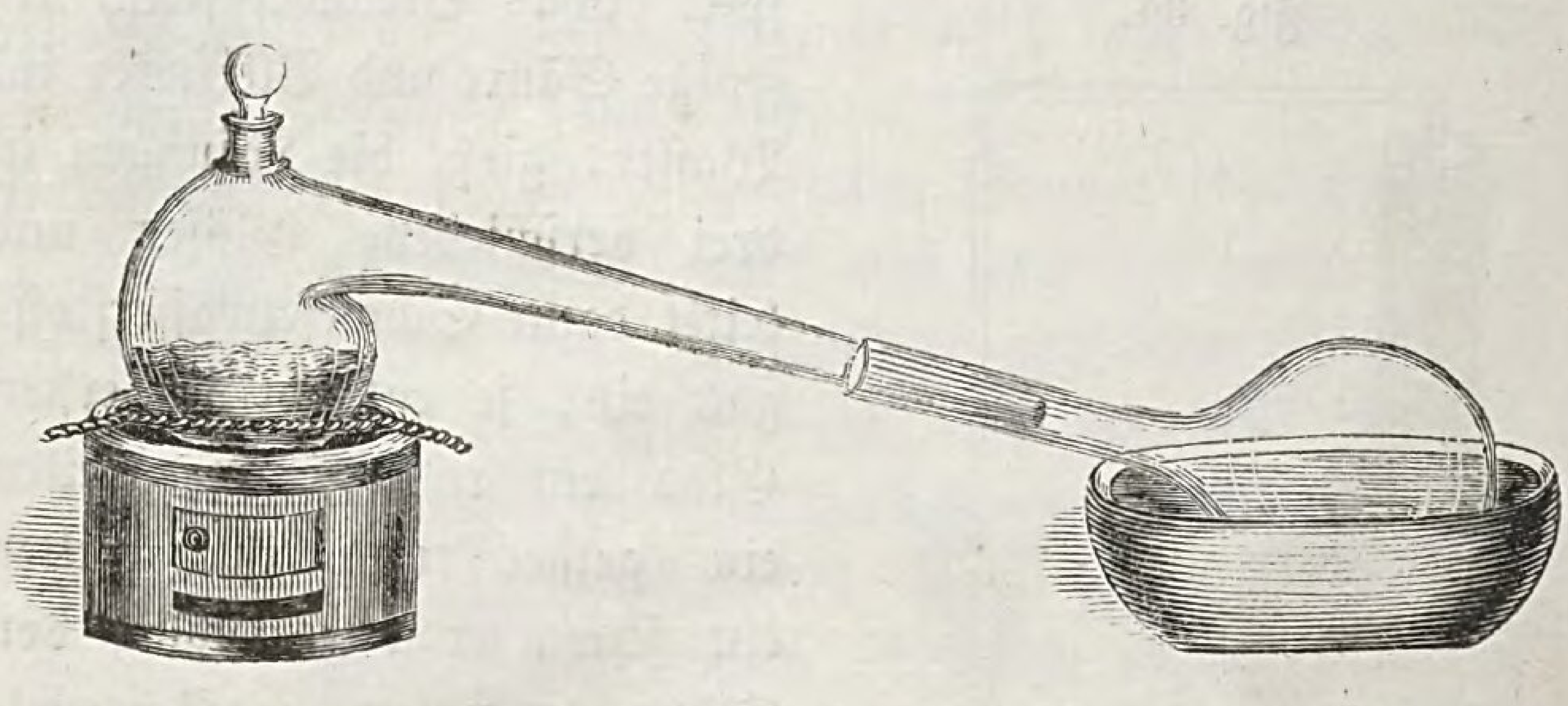
Fig. 35.



## 10. Darstellung der Salpetersäure.

In die Retorte Fig. 36 wird eine abgewogene Menge Salpeter gebracht und darauf so viel concentrirte Schwefelsäure gegossen, daß auf 1 Aequivalent Salpeter 2 Aequivalente Schwefelsäure kommen. Die Schwefelsäure zerlegt den Salpeter mit Leichtigkeit und die abgeschiedene Salpetersäure geht durch Erhitzen der Retorte in die Vorlage über. Der Kolben muß

Fig. 36.



stets kalt gehalten werden, weil sonst Salpetersäuredämpfe in die Luft gehen. Man überdeckt denselben deßhalb mit einem nassen Tuche und gießt von Zeit zu Zeit kaltes Wasser darauf.

Experimente. 1) Die Säure giebt sehr leicht Sauerstoff ab und eignet sich deßhalb zur Oxydation auf nassem Wege. Ein Stück Kupfer wird in kurzer Zeit zu einer blauen Flüssigkeit von salpetersaurem Kupferoxyd gelöst.

2) Gießt man in einen hohen und weiten Cylinder etwas rauchende Salpetersäure und wirft ein Stück Phosphor hinein, so entzündet sich derselbe nach einiger Zeit und verbrennt zu Phosphorsäure.

## 11. Kalium und Natrium.

Beide Metalle kommen in Gläsern, worin sie von einer Schicht Steinöl bedeckt sind, in den Handel und müssen auch so aufbewahrt werden. Um ihre Eigenschaften zu zeigen, nimmt man etwas von denselben heraus und trocknet die Stücke mit einem Tuch ab; wegen ihrer leichten Entzündlichkeit dürfen sie nicht mit den bloßen Fingern in Berührung kommen. Beim Durchschneiden zeigen sie nur einen Augenblick ihren schönen Metallglanz und überziehen sich sogleich mit einer grauen Schicht von Oxyd. Ein Stück Kalium auf Wasser geworfen erzeugt sogleich eine violette Flamme, die vom brennenden Wasserstoff herrührt. Natrium schneidet man in zwei Theile und wirft das eine Stück auf kaltes, das andere in heißes Wasser. Im kalten Wasser entsteht nur eine lebhafte Entwicklung von Wasserstoff; im heißen entzündet sich der Wasserstoff auch, und brennt mit gelber Flamme ab.

## 12. Ammoniak.

Wenn man in eine etwas geräumige Retorte Hornspähne bringt, dieselbe mit einer Vorlage versieht, etwa so wie bei der Darstellung der Salpetersäure und nun die Retorte stark erhitzt, so geht in den Kolben ein stinkendes Oel über, zu gleicher Zeit bilden sich an den Wänden lange Krystallnadeln von kohlensaurem Ammoniak. Die Elemente des Hornes werden ge-

zwungen, sich in der Hitze umzulagern; in Folge dessen entstehen Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, die zu kohlensaurem Ammoniumoxyd sich verbinden, welches Salz auch bei der freiwilligen Gährung und Verwesung der organischen stickstoffhaltigen Materien auftritt.

Zur Darstellung des Ammoniakgases mischt man in einer Schale Salmiak mit pulverisirtem Aetzkalk. Das Gemenge, welches schon bei gewöhnlicher Temperatur reichlich Ammoniak entwickelt, wird in ein kleines Kölbchen gebracht (siehe Fig. 23) und durch eine Spirituslampe erhitzt. Das Gas muß, wie die Salzsäure, über Quecksilber gesammelt werden.

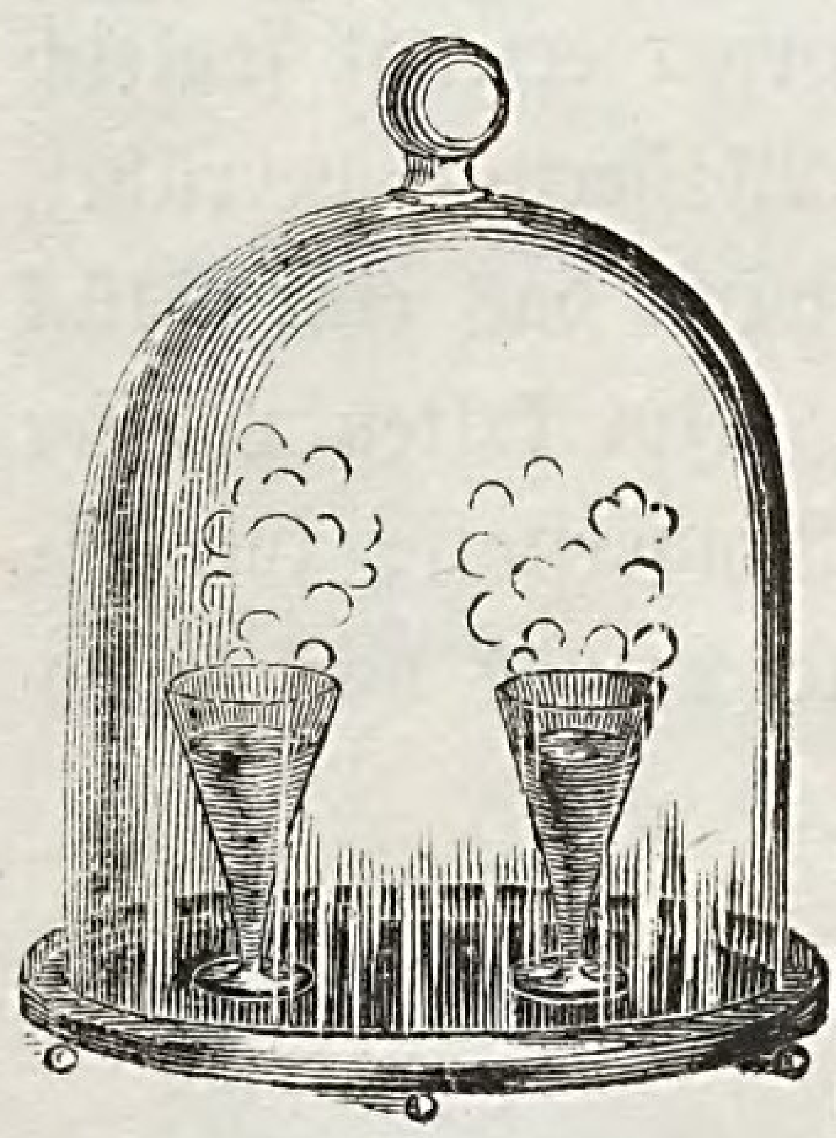
Experimente. 1) Das Gas ist farblos, von eigenthümlich durchdringendem Geruch. Es unterhält das Brennen nicht.

2) Ein feuchtes Stück mit Curcuma gefärbten Papieres wird durch dasselbe gebräunt.

3) Füllt man ein Gläschen mit Ammoniak und bringt es dann in Wasser, so steigt das Wasser rasch in demselben auf, indem es das Ammoniak absorbirt.

4) Ein mit Salzsäure befeuchteter Stab giebt, mit Ammoniakgas zusammengebracht, dicke, weiße Nebel von Salmiak. In reichlicher Menge wird auf diese Weise Salmiak erhalten, indem man ein Glas mit Salzsäure und ein Glas mit wässerigem Ammoniak (Aetzammoniak) auf einen Teller neben einander stellt und dann eine Glasglocke darüber deckt und stehen läßt. (Fig. 37.)

Fig. 37.



5) Durch Einleiten von Ammoniakgas in Wasser (Fig. 26) entsteht das wässerige Ammoniak, der sogenannte Salmiakgeist. Es ist eine farblose Flüssigkeit von demselben Geruch wie Ammoniak und stark alkalischem Geschmack und Reaction.

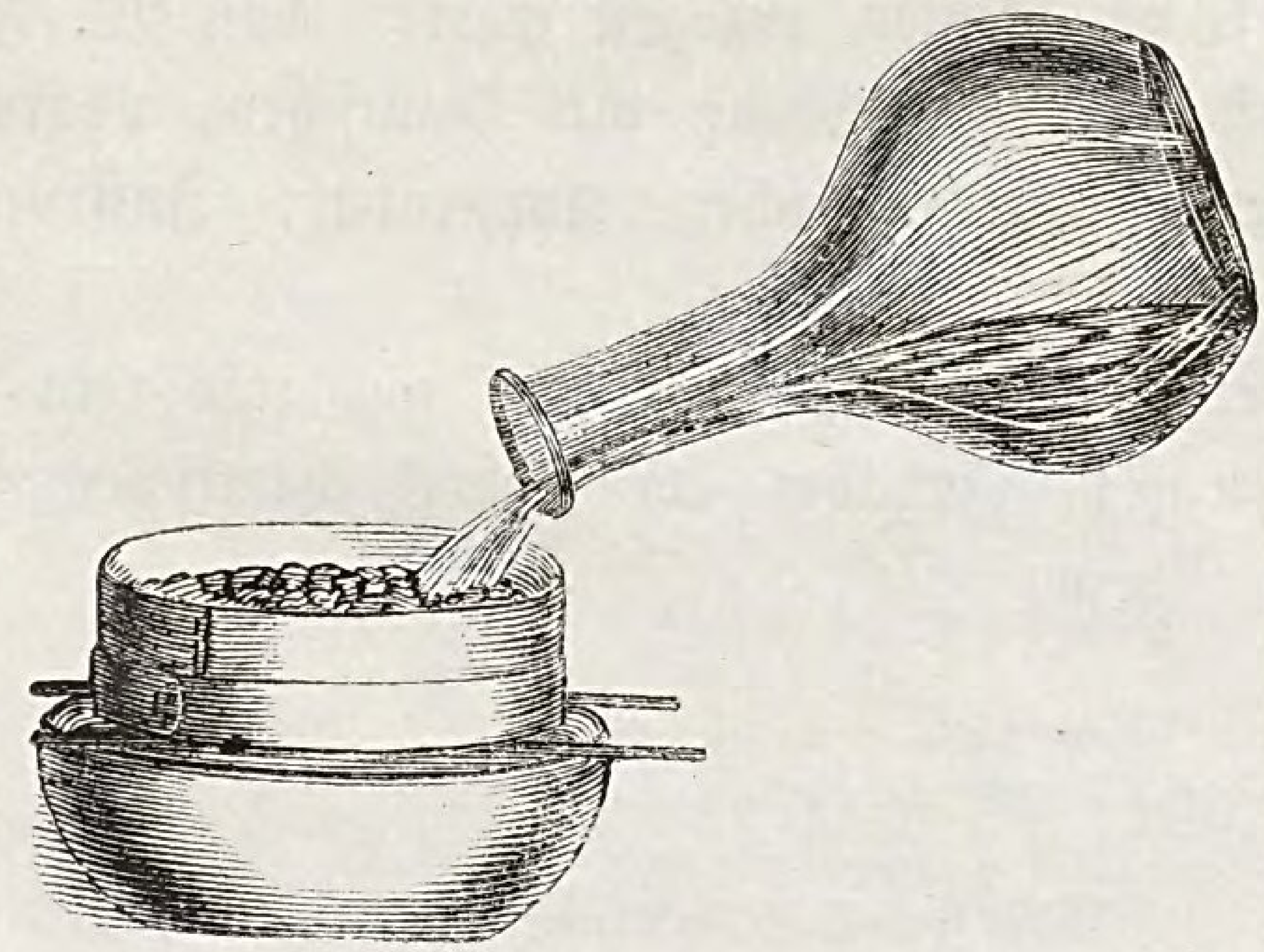
6) Läßt man wässeriges Ammoniak lange Zeit offen an der Luft stehen, so verschwindet der Geruch allmälig, indem sich das Ammoniak wieder verflüchtigt. Durch Zusatz von Säuren verschwindet der Geruch ebenfalls. Dieß beruht aber nicht auf einer

Austreibung des Ammoniaks, sondern darauf, daß sich dieselben mit dem Ammoniak zu nicht mehr flüchtigen Salzen vereinigen.

## 13. Darstellung von Stärkemehl (Amylum).

Die Darstellung des Stärkemehls ist schon oben Seite 121 angegeben worden. Die Handgriffe versinnlicht Fig. 38.

Fig. 38.



## 14. Apparate zur Bestimmung des Stickstoffes: Fig. 39 und 40.

Fig. 39.

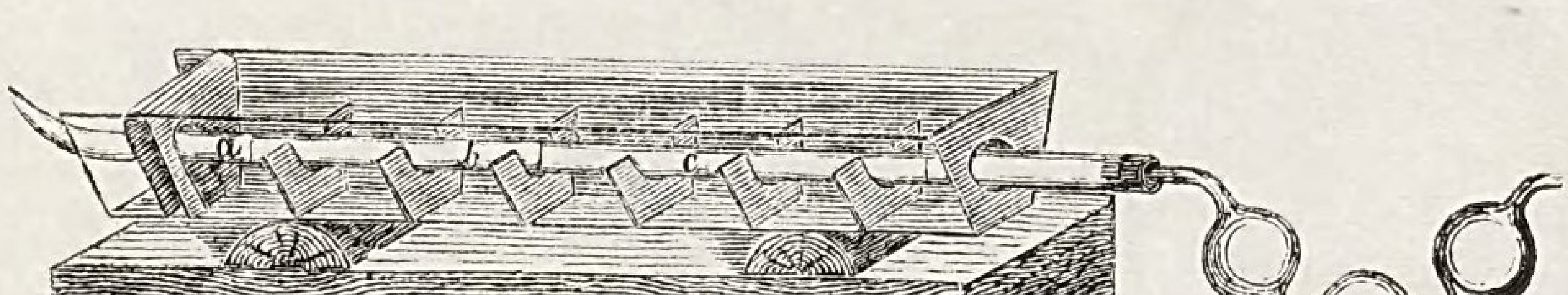
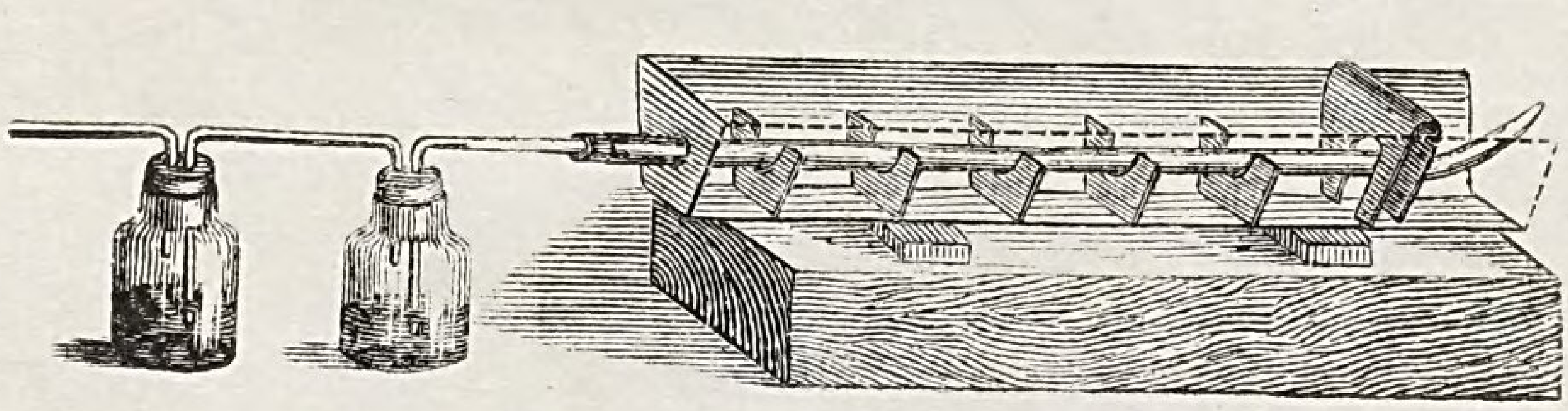


Fig. 40.



Es ist klar, daß alle diejenigen Stoffe, welche im theoretischen Theile aufgeführt wurden und für die Agricultur von Wichtigkeit sind, dagegen beim Unterricht nicht dargestellt werden können, wenn immer möglich, vorgelegt werden müssen. So gewöhnliche Kohle und Graphit, Phosphor, Schwefelsäure, Kieselsäure (Quarz, Sand und Bergkrystall), amorphe und krystallisirte kohlensaure Kalkerde, Gyps 2c.

Die zu den Experimenten nöthigen Retorten, Kolben, Glasröhren u. s. w. können bezogen werden von W. F. Nöllner in Darmstadt, (Handlung mit chemischen, pharmaceutischen, physikalischen, mineralogischen Apparaten, Instrumenten und Geräthschaften).

Die Präparate erhält man sehr gut und rein von Dr. L. C. Marquart, Inhaber der Fabrik chemischer Produkte zu Bonn am Rhein.

## Druckfehler.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Seite | 5 | Zeile | 18 | von | unten | lies | nämlich statt nun. |
| „ | 47 | „ | 14 | „ | „ | „ | Glasröhre statt Gasröhre. |
| „ | 48 | „ | 19 | „ | „ | „ | 760 st. 750. |
| „ | 68 | „ | 15 | „ | oben | „ | kohlensaurer st. kohlensauer. |
| „ | 80 | „ | 5 | „ | unten | „ | Casein st. Cascein. |
| „ | 83 | „ | 1 | „ | „ | „ | Mohnsamen st. Mohnsaamen. |
| „ | 113 | „ | 18 | „ | oben | „ | wird st. wierd. |
| „ | 117 | „ | 9 | „ | „ | „ | Endosmose st. Eudosmose. |
| „ | 149 | „ | 5 | „ | unten | „ | Mineralstoffe st. Mineralstofie. |
| „ | 157 | „ | 10 | „ | oben | „ | Pflanzenüberreste st. Tflanzenüberreste. |
| „ | 205 | „ | 18 | „ | „ | „ | Oxyde st. Oxydalkalische. |